

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija; smjer: nastavnički

Filip Babić

**Utvrdjivanje miskoncepcija i konceptualnog razumijevanja
vezanih uz fotosintezu i stanično disanje kod studenata biologije**

Diplomski rad

Osijek, 2018.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku | Odjel za biologiju

Diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija; smjer: nastavnički

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

UTVRĐIVANJE MISKONCEPCIJA I KONCEPTUALNOG RAZUMIJEVANJA VEZANIH UZ FOTOSINTEZU I STANIČNO DISANJE KOD STUDENATA BIOLOGIJE

Filip Babić

Rad je izrađen na: Odjel za biologiju

Mentor: Dr. sc. Irena Labak, doc.

Kratak sažetak diplomskog rada:

Proces učenja karakterizira stvaranje novih koncepata, koji doprinose razvoju konceptualnog razumijevanja – važnog za rješavanje novih problema u realnom svijetu. Tijekom procesa stvaranja koncepata, mogu se formirati i krive predodžbe ili miskoncepcije. Miskoncepcije su u suprotnosti sa znanstvenim spoznajama, a rezultat su studentskog nastojanja tumačenja nastavnog gradiva na njima razumljiv način. Utvrđivanje miskoncepcija i konceptualnog razumijevanja vezanih uz fotosintezu i stanično disanje provedeno je među 33 studenta 1. i 36 studenata 3. godine Preddiplomskog sveučilišnog studija Biologija pri Odjelu za biologiju Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, na kraju akademske godine 2017./2018. Ovim je istraživanjem utvrđen jednaki ukupni uspjeh studenata 1. i 3. godine u rješavanju pisane provjere znanja, veća uspješnost studenata 3. godine u rješavanju pitanja samo 2. razine, kao i veći broj utvrđenih miskoncepcija u razumijevanju istraživanih koncepata kod studenata 1. godine u odnosu na studente 3. godine, kod kojih još uvijek postoje pojedini problemi u razumijevanju. Na temelju rezultata ankete o navikama učenja kod studenata pokušao se objasniti uspjeh u provjeri znanja.

Broj stranica: 93

Broj slika: 35

Broj tablica: 11

Broj literaturnih navoda: 79

Broj priloga: 3

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: biološki koncepti, konceptualno razumijevanje, miskoncepcije, fotosinteza, stanično disanje

Datum obrane: 5. listopada 2018.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Dr. sc. Senka Blažetić, doc., *predsjednik*,
2. Dr. sc. Irena Labak, doc., *mentor i član*,
3. Dr. sc. Valentina Pavić, doc., *član*,
4. Dr. sc. Filip Stević, doc., *zamjena člana*.

Rad je pohranjen: na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek | Department of Biology
Graduate university study programme in Biology and Chemistry Education
Scientific Area: Natural sciences
Scientific Field: Biology

**DETERMINATION OF MISCONCEPTIONS AND CONCEPTUAL UNDERSTANDING RELATED
TO PHOTOSYNTHESIS AND CELLULAR RESPIRATION IN BIOLOGY STUDENTS**

Filip Babić

Thesis performed at: Department of Biology
Supervisor: Irena Labak, PhD, assistant professor

Short Abstract:

The learning process is characterized by the formation of new concepts, which contribute to the development of conceptual understanding – important for solving new problems in the real world. During the process of creating concepts, misunderstandings or misconceptions can also be formed. Misconceptions are contrary to scientific knowledge and are the result of students' efforts to interpret the teaching material in an understandable way. Determination of misconceptions and conceptual understanding in photosynthesis and cellular respiration was conducted among 33 students of the 1st and 36 students of the 3rd year of the Undergraduate University Study Biology at the Department of Biology of Josip Juraj Strossmayer University of Osijek at the end of the academic year 2017/2018. This research identified equal overall success of the 1st and 3rd year students in solving written exams, higher 3rd year students achievement in solving 2nd level questions, as well as a greater number of misconceptions in understanding the concepts studied in 1st year students, compared to the students of the 3rd year, who still have some issues in understanding. Based on student learning habits survey results, we tried to explain the success in the knowledge assessment.

Number of pages: 93

Number of figures: 35

Number of tables: 11

Number of references: 79

Original in: Croatian

Keywords: biological concepts, conceptual understanding, misconceptions, photosynthesis, cellular respiration

Date of the thesis defence: 5.10.2018.

Reviewers:

1. Senka Blažetić, PhD, assistant professor, *chair*,
2. Irena Labak, PhD, assistant professor, *supervisor and member*,
3. Valentina Pavić, PhD, assistant professor, *member*,
4. Filip Stević, PhD, assistant professor, *substitute member*.

Thesis deposited: on the Department of Biology website and the Croatian Digital Theses Repository of the National and University Library in Zagreb.

Prije svega, zahvaljujem se svojoj mentorici, cijenjenoj doc. dr. sc. Ireni Labak, koja se, izvrsno osmišljeno nastavom, svojom predanošću i profesionalnošću, potrudila pripremiti me za izazove suvremenog obrazovanja te svojim nastojanjima i savjetima doprinijeti mome profesionalnom razvoju. Od srca joj se zahvaljujem i na stručnom vodstvu, strpljivosti, susretljivosti, dostupnošću, kao i korisnim savjetima te uloženom vremenu tijekom svih faza našega istraživanja, u svrhu izrade ovog diplomskog rada. Vrijednost ovog iskustva za mene predstavlja temeljni i neizbrisiv dio moga profesionalnog puta. Zahvaljujem se, također, i svim ostalim profesorima i suradnicima na kolegijima na prenesenom znanju i trudu tijekom proteklih godina studiranja, kao i njihovoj susretljivosti i dostupnosti koju su mi iskazali tijekom našeg svakodnevnog komuniciranja i suradnje.

Zahvaljujem se i članovima svoje obitelji, prvenstveno roditeljima, sestri Jeleni i nećakinji Nori, koji su mi bili neizmjerena podrška tijekom moga odrastanja i obrazovanja te koji su u mene vjerovali kada to sam nisam mogao. Bez njihove ljubavi, pomoći i razumijevanja ne bih mogao niti zamisliti približavanje ovom cilju, kojeg sam zahvaljujući njima ostvario. Među članove obitelji moram istaknuti i svoga psa Puffya – istinskog i vjernog prijatelja, zapravo svog životnog suputnika, koji me prati još od djetinjstva, a koji je zasigurno podnio najveći dio tereta naše razdvojenosti tijekom moga izbivanja i obaveza u vrijeme studijskih dana.

Ovaj rad posvećujem mami Jasni.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Konstruktivizam, konceptualno razumijevanje i pojam koncepta	3
1.1.1. Sistematizacija koncepata u biologiji	5
1.2. Miskoncepcije	8
1.2.1. Utvrđivanje miskonceptija dijagnostičkim testovima i njihovo uklanjanje	10
1.2.2. Miskoncepcije u biologiji i pregled dosadašnjih istraživanja	13
1.3. Cilj diplomskog rada	17
2. MATERIJALI I METODE	18
2.1. Uzorak	18
2.2. Tijek istraživanja	18
2.3. Instrumenti istraživanja	23
2.4. Statistička obrada podataka	26
3. REZULTATI	26
3.1. Analiza pisane provjere znanja provedene među studentima 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije	26
3.2. Analiza uspješnosti rješavanja pisane provjere znanja	31
3.2.1. Usporedba ukupne uspješnosti studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije u rješavanju pisane provjere znanja	31
3.2.2. Usporedba uspješnosti studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije u rješavanju pitanja različitih razina	32
3.3. Utvrđivanje miskonceptija kod studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije	33
3.4. Analiza ankete o navikama učenja kod studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije	50
4. RASPRAVA	59
5. ZAKLJUČAK	68
6. METODIČKI DIO	70

6.1. Priprema nastavnog sata za nastavnu temu „Fotosinteza“	70
7. LITERATURA	78
8. PRILOZI	85
Prilog 1. Pisana provjera znanja	85
Prilog 2. Anketa o navikama učenja kod studenata.....	90
Prilog 3. Radni listić za izvođenje nastavnog sata	92

1. UVOD

Tijekom procesa učenja kod učenika ili studenata formiraju se novi koncepti i ideje, koji se uklapaju u postojeći mentalni obrazac osiguravajući mogućnost njegove nadogradnje i produbljivanja spoznaje. Takva konstrukcija koncepata način je dugoročnog pohranjivanja informacija u pamćenje jer se na osnovi velikog broja pojedinačnih primjera mogu uočiti zajedničke karakteristike, tj. određena pravilnost koja se kao takva pamti, a sve zajedno u konačnici dovodi do konceptualnog razumijevanja. Ovakav je način organiziranog pamćenja efikasniji i trajniji od pamćenja velikog broja pojedinačnih i nepovezanih činjenica te bi, u skladu s navedenim, nastavnici, kako u osnovnim i srednjim školama, tako i na fakultetima, trebali ustrajati u razvijanju konceptualnog razumijevanja kroz razvijanje problemskih zadataka u nastavi, primjenu suvremenih metoda poučavanja te aktivnog uključivanja svih sudionika u nastavi, što je u skladu s današnjim razvojem znanosti i idejom suvremenog obrazovanja (Lukša, 2011).

Pojam koncepta dio je konstruktivističke teorije, a definiran je kao prvobitna ideja ili predodžba, odnosno začecje ideje ili pothvata. Koncept se može definirati i kao ideja ili uopćena predodžba, koju smo sami, temeljem prijašnjih iskustava i informacija, konstruirali. Predkonceptije su definirane kao ideje nastale prije formalnog obrazovanja, koje najčešće nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama, čineći prepreku u usvajanju ispravnih koncepata. Alternativne su konceptije ideje ili predodžbe koje mogu biti točne, no nisu u okviru sadržaja predviđenog za obradu. Razvoj biološke znanosti i povećanje opsega znanja predstavlja izazov za učenike i studente, kao i njihove nastavnike, koji bi trebali osigurati uvjete za savladavanje znanja, vodeći računa da ono ne ostane na najnižoj razini, već da se postignu i više kognitivne razine znanja (Lukša, 2011). Iz toga razloga, tijekom povijesti je bilo više pokušaja sistematizacije temeljnih bioloških koncepata i njihovog razumijevanja. U okviru *Nacionalnog dokumenta prirodoslovnog područja kurikulumu* definirana su četiri temeljna makrokoncepta u biologiji: energija u živom svijetu; procesi i međuovisnosti u živome svijetu; organiziranost živog svijeta i prirodoznanstveni pristup (MZO, 2017). Unutar svakog od navedenih makrokoncepta, razlikuju se manji koncepti, koje bi učenici trebali razumjeti i usvojiti, nakon određene faze obrazovanja, kako bi u konačnici razumjeli kompletan makrokoncept (Michael i sur., 2009)

Tijekom procesa učenja i formiranja koncepata, kod učenika se i studenata mogu formirati i krive predodžbe ili miskoncepcije, koje se razlikuju od znanstvenih koncepata, odnosno u kontradikciji su s najnovijim znanstvenim spoznajama (Bahar, 2003). Miskoncepcije

su ujedno okarakterizirane i kao pogrešne predodžbe, koje se uvijek pojavljuju kod većeg broja pojedinaca u populaciji, iznimno su otporne na promjene i zamjene ispravnim konceptima te su rezultat učenja teže razumljivog i zahtjevnijeg gradiva pri čemu učenici i studenti, u nastojanju da si olakšaju i približe nastavno gradivo na njima razumljiv način, stvaraju pogrešne koncepte (Fisher, 1985). Proces identifikacije i uklanjanja miskoncepcija nije jednostavan, brz i trenutačan, već zahtijeva konceptualnu promjenu kroz postupak rekonstrukcije formiranih miskoncepcija u ispravne znanstvene koncepte (Carey, 1985). Konceptualnoj promjeni prethodi nezadovoljstvo učenika postojećim konceptima, razumljivost, smislenost i uvjerljivost novog koncepta, koji pruža mogućnost rješavanja novih problema te je kao takav koristan u realnom svijetu (Strike i Posner, 1982).

Miskoncepcije u biologiji ključan su čimbenik, koji negativno utječe na učeničko razumijevanje, a može se nastaviti i kod studenata na sveučilišnoj razini (Galvin i sur., 2015). Prema Lukša (2011), miskoncepcije u biologiji mogu biti rezultat saznanja iz svakodnevnog života, nepotpunog razumijevanja pojmova, kao i jezičnog miješanja pojmova iz života i znanosti, nerazumijevanja pojmova iz fizike i kemije, usvajanja činjenica bez razumijevanja, krivih formulacija iz udžbenika i sl. Kada je u pitanju utvrđivanje miskoncepcija u biologiji, tada najčešće istraživana područja uključuju razumijevanje procesa fotosinteze i disanja, genetiku, evoluciju i fiziološke procese. Razumijevanje procesa fotosinteze i staničnog disanja zahtijeva povezivanje više međusobno povezanih koncepata, a istraživanja pokazuju da su česti izvor problema kako za učenike, tako i za studente, koji još uvijek fotosintezu poistovjećuju s procesima izmjene plinova, a disanje pripisuju samo heterotrofnim organizmima, dok dio njih smatra da biljke dišu samo tijekom noći, što je sve zajedno u suprotnosti sa znanstvenim spoznajama. Također, dio ih ne pokazuje razumijevanje energetske protoka te ulogu sunčeve energije (Özay i Öztaş, 2003; Çokadar, 2012).

Do danas je u RH provedeno vrlo malo istraživanja konceptualnog razumijevanja procesa fotosinteze i staničnog disanja kod studenata biologije pri čemu još uvijek nemamo saznanja postoje li miskoncepcije kod studenata pri njihovom dolasku na fakultet, uklanjaju li se one nastavom na studiju i do koje mjere. Temeljem dosadašnjih znanstvenih spoznaja, ovo je istraživanje osmišljeno s ciljem utvrđivanja miskoncepcija i konceptualnog razumijevanja studenata biologije, Odjela za biologiju pri Sveučilištu J. J. Strossmayera u Osijeku te njihovih navika učenja.

1.1. Konstruktivizam, konceptualno razumijevanje i pojam koncepta

Konstruktivizam je pojam, koji označava Piagetov pristup kognitivnom razvoju. Konstruktivistička teorija učenja, iz koje proizlazi termin koncepta, danas je od iznimne važnosti u razmatranju učinkovitosti obrazovanja prirodnih znanosti (Ivković, 2013). Prema Piagetu, kognitivni je razvoj usmjeren prema razumijevanju i osmišljavanju vanjskog svijeta, a dva su temeljna čimbenika koja određuju taj razvoj – proces maturacije, odnosno biološkog sazrijevanja organizma i njegovih živčanih struktura te aktivnost pojedinca i njegovo djelovanje na okolni svijet. Zajedno s tjelesnim sazrijevanjem, kod djece se zapravo povećava mogućnost djelovanja na okolinu i sposobnost njihova učenja, a djelujući na okolinu te manipulirajući različitim predmetima u blizini, dijete provjerava svoje zamisli, promatra promjene i utvrđuje neke zakonitosti što rezultira organizacijom spoznaje. Glavni su mehanizmi izgradnje koncepta asimilacija i akomodacija, pri čemu se asimilacijom novi podaci iz okoline uključuju u već postojeće misaone koncepte, a akomodacijom se postojeći koncepti mijenjaju u skladu s novim informacijama. Takvo suočavanje s novim, do tada nepoznatim činjenicama, koje nisu u skladu s postojećim konceptima dovode do tzv. stanja mentalne neravnoteže, a prema Piagetu, ljudima je genetski uvjetovana uspostava skladnih odnosa s okolinom, smanjujući neravnotežu kroz mijenjanje starih i stvaranje novih koncepta, sve dok se ravnoteža ponovno ne uspostavi, a što ujedno odgovara procesu ekvibracije. Upravo je ona prema Piagetu glavni motivacijski pojam koji daje poticajnu snagu intelektualnom razvoju (Vizek Vidović i sur., 2003).

Dok *pojam* označava preuzeto značenje, koncept je rezultat vlastite konstrukcije. Sam je izraz koncept (engl. *concept*) definiran kao prvobitna ideja ili predodžba, začecje ideje ili pothvata, zamisao o kakvom djelovanju, a u filozofiji označava apstraktnu univerzalnu spoznaju (Hrvatski jezični portal; Lukša, 2011). Prema tome, koncept se može definirati i kao ideja ili uopćena predodžba, koju smo sami, na temelju iskustva i informacija konstruirali, a sažima zajedničke značajke pojedinačnih pojava ili entiteta (Lukša, 2011). Navedeno se može pojasniti na primjeru učenja kod djece, koja uče tako da ispituju novi predmet uspoređujući ga s vlastitim, već stvorenim mentalnim konstrukcijama (predodžbama), a koje su rezultat prethodnih iskustava o svijetu oko sebe. Dakle, sve što se uklapa u postojeći mentalni obrazac, predstavlja mogućnost njegove nadogradnje i produbljivanja spoznaje. Koncept je, prema tome, rezultat uspostave značenja, koje odgovara konstrukt na razini uopćavanja i apstrakcije, a kroz što se ujedno očituje težnja mozga ka pronalaženju smisla i značenja svakog novog iskustva. Takva konstrukcija koncepta način je pohranjivanja informacija u pamćenje jer se na osnovi pojedinačnih primjera mogu uočiti zajedničke karakteristike, određena pravilnost ili obrazac,

koji se kao takav pamti. Nesumnjivo je takav način organiziranog pamćenja efikasniji i trajniji od pamćenja velikog broja pojedinačnih i nepovezanih činjenica. Iz navedenoga proizlazi da bi se kod učenika, a kasnije i kod studenata, trebalo razvijati konceptualno razumijevanje, koje je u skladu s današnjim razvojem znanosti i idejom suvremenog obrazovanja (Vizek Vidović i sur., 2003; Lukša, 2011).

Formiranju koncepata tijekom procesa učenja prethode ili se s njima paralelno formiraju predkonceptije i alternativne konceptije, a učenje može rezultirati i stvaranjem pogrešnih predodžbi ili miskoncepcija, zbog kojih bi nastavnici, kako u školama tako i u ustanovama za visoko obrazovanje, trebali ustrajati u usmjeravanju učenika i studenata na ispravan put formiranja koncepata u skladu sa znanstvenim spoznajama. Tako su predkonceptije definirane kao ideje o nekom fenomenu prije formalnog učenja, a obzirom je njihovo porijeklo iz iskustva i različitih neformalnih informacija, najčešće nisu u skladu sa znanstvenim konceptijama te kao takve čine prepreku u usvajanju ispravnih koncepata. Dakle, one nisu slučajna objašnjenja već predstavljaju rezultat formalnog ili neformalnog učenja, koje im prethodi. Takvi su modeli razumijevanja razumljivi pojedincu, koji pomoću njih pokušava dati smisao svijetu s ograničenim znanjem, a većina ih dolazi na nastavu s nizom različitih predkonceptija, koje tada mogu ograničavati razumijevanje novih koncepata. Tako konstruirane predkonceptije mogu predstavljati problem u konceptualnom razumijevanju učenika, a zbog različite razine znanja između nastavnika i učenika, nastavnici često nisu niti svjesni njihova postojanja pa se, kao posljedica takvog nerazumijevanja, navedene predkonceptije produbljuju ili vode ka stvaranju miskoncepcija. Alternativne konceptije obuhvaćaju različite predkonceptije ili njihovu mješavinu, a odnose se na koncepte nastale na osnovi svakodnevnog iskustva te prije formalne nastave. Alternativni koncept može obuhvaćati ideje ili predodžbe koje su točne, no nisu u okviru sadržaja predviđenog za obradu ili ga tek djelomično objašnjavaju. Također, alternativne su konceptije vrlo otporne, tradicionalnim se pristupom nastavnim strategijama teško mijenjaju te nerijetko sadržavaju spoznaje i objašnjenja pojedinih pojava iz prošlosti razvoja znanosti, a danas su zamijenjene ili nadograđene novim znanstvenim teorijama. Njihovom formiranju mogu prethoditi predkonceptije, pojedine mogu biti zajedničke učenicima i nastavnicima, a njihova zamjena konceptima moguća je upotrebom aktivnih strategija poučavanja (Lukša, 2011).

1.1.1. Sistematizacija koncepata u biologiji

Svake se godine povećava opseg znanja iz pojedinog područja znanosti, kakva je i biologija. Takva ekspanzija znanja postavlja izazove kako pred učenike, tako i pred nastavnike, koji bi trebali ustrajati u biranju najprikladnijih strategija poučavanja, pomoću kojih bi stvorili preduvjete za savladavanje neophodnog znanja, vodeći računa o tome da ono ne ostane tek deklarativno, na najnižoj razini, već da se postignu i više kognitivne razine, kakvo je konceptualno razumijevanje (Lukša, 2011).

U svome znanstvenom radu, Michael i sur. (2007), analizirajući dostupne udžbenike i što sve učenici moraju znati na kraju programa iz područja fiziologije, zaključuju da ne postoji dogovor oko toga koji su to osnovni koncepti, koje bi učenici morali usvojiti, kao što je to slučaj u fizici. Naime, u fizici postoji instrument *Inventar Force Concept* (FCI), kojeg su 1992. konstruirali Hestenes i sur. (1992), a od klasičnih se testova s pitanjima višestrukog izbora razlikuje po tome što su distraktori (netočni odgovori) dobiveni iz slobodnih, pisanih odgovora učenika ili razgovora (intervjua) s učenicima, otkrivajući njihove najčešće miskoncepcije (Hestenes i sur., 1992; Michael i sur., 2007).

Nedostatak valjanog i pouzdanog instrumenta za mjerenje i procjenu usvojenosti koncepata kod učenika, navelo je dvadeset i jednog stručnjaka na organizaciju skupa *Konceptualna procjena znanja iz biologije* u Boulderu 2007. godine, pod pokroviteljstvom *Nacionalne zaklade za znanost* SAD-a. Oni su predstavljali četrnaest različitih obrazovnih institucija, a među njima su bili nastavnici biologije, edukatori i istraživači, zajedno okupljeni oko ideje učenja biologije s razumijevanjem, a ne samo na razini memoriranja velikog broja nepovezanih činjenica. Na skupu se raspravljalo o tome što se uistinu podrazumijeva pod terminom koncept, koji su to temeljni koncepti u biologiji te na koji se način može provjeriti njihova usvojenost kod učenika. Tada se pojam makrokoncepta poistovjećuje s terminom „velika ideja“ (engl. „*big idea*“), a preliminarna je lista temeljnih makrokoncepata u biologiji sadržavala slijedeće (Michael i sur., 2007):

1. živi organizmi koji funkcioniraju kao uzročno posljedične veze,
2. stanična građa,
3. protok informacija,
4. kruženje tvari i protok energije,
5. homeostaza,
6. struktura i funkcija,
7. evolucija i ekosustav

Upravo Michael i sur. (2007) ističu da će se svaki biolog složiti s time da je evolucija velika ideja biologije, a svaki fiziolog da je homeostaza središnja ideja fiziologije. Unutar svakog od navedenih makrokonceptata postoje manji koncepti, koje bi učenici trebali razumjeti kako bi u konačnici razumjeli kompletan makrokoncept, a Michael i sur. (2009) to objašnjavaju na primjeru makrokoncepta homeostaza, unutar kojeg se mogu razlikovati koncepti: unutarnji okoliš stanice, protok informacija, negativna povratna sprega i transformacija energije. Oko navedene liste, zapravo početne ideje okupljenih znanstvenika utvrđene na skupu u Boulderu 2007. godine, nije bilo adekvatnog konsenzusa, no ona je svakako bila obećavajući kamen temeljac za nastavak rasprave (Michael i sur., 2007).

Pokušaja sistematizacije i razumijevanja konceptata u biologiji bilo je i ranije, pa tako Baumstark i sur. (2002) predlažu sedam temeljnih konceptata u biologiji: evolucija i raznolikost, reprodukcija i nasljeđe, molekularni procesi, struktura i funkcija stanice, građa i funkcija organizma, međuovisnost organizama i njihova okoliša te diferencijacija i razvoj. Klymkowsky i sur. (2003) pak utvrđuju instrument za ispitivanje konceptualnog razumijevanja učenika – BCI (*Biology Concept Inventory*), kojim bi se trebalo ukazati na znanja, koja bi učenici trebali dobiti nakon određene faze obrazovanja, a ujedno se njima može mjeriti i efikasnost, kako učenja, tako i poučavanja.

U hrvatskom obrazovnom sustavu programska koncepcija prirode i biologije ne prati razvoj matične biološke znanosti, a nastavni programi tih predmeta nisu mijenjani od 1996. godine u našim školama. Uvođenjem HNOS-a (*Hrvatskog nacionalnog obrazovnog standarda*) 2006. godine nije se dogodila stvarna, sadržajna promjena (Lukša, 2011).

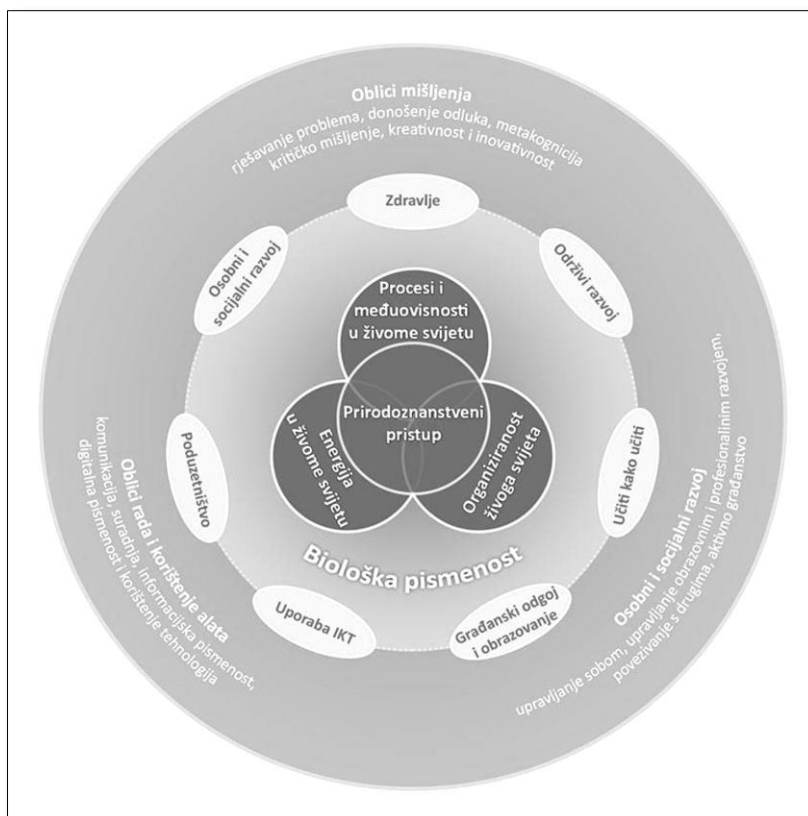
Na osnovu dotadašnjih istraživanja, a kao temelj za izradu predmetnog kurikulumu biologije te u svrhu uspješnijeg poučavanja učenika, Lukša i sur. (2013) definiraju konceptni okvir pogodan za upotrebu u nastavi bioloških sadržaja u Republici Hrvatskoj, odnosno definiraju makrokoncepte i koncepte u biologiji, koje učenici moraju usvojiti. Izrada konceptnog okvira podrazumijeva i usklađivanje poučavanja i stvaranje osnove za ostvarivanje konceptualnog razumijevanja i formiranje konceptata. Za potrebe toga istraživanja definirano je šest temeljnih bioloških makrokonceptata te njihove razrade na ključne koncepte (tablica 1.), koji bi trebali biti obuhvaćeni poučavanjem u osnovnim školama i gimnazijama.

Tablica 1. Prijedlog temeljnih bioloških makrokonceptata i njihove razrade na ključne koncepte u biologiji (Lukša i sur., 2013)

R. br.	TEMELJNI BIOLOŠKI MAKROKONCEPTI	KLJUČNI KONCEPTI
1.	USTROJSTVO ŽIVIH BIĆA	razine organizacije živog svijeta
		kemijska osnova živih bića
		građa i funkcija organizma
2.	ENERGIJA	izvori energije i protjecanje kroz biosferu
		pretvorbe i pohrana energije
3.	RAVNOTEŽA	homeostaza / ekvilibrij
		fiziološki procesi u organizmu
		poremećaji ravnoteže
4.	RAZNOLIKOST	porijeklo i srodnosti organizama
		klasifikacija živog svijeta
		čimbenici promjenljivosti
5.	MEĐUOVISNOST	uvjetovanost
		reakcija
		regulacija
6.	RAZMNOŽAVANJE	opstanak vrsta
		oblici razmnožavanja
		životni ciklus stanice
		molekularna osnova nasljeđivanja
		ljudska reprodukcija

U Nacionalnom dokumentu nastavnog predmeta *Biologija* navodi se da je ovaj nastavni predmet dio prirodoslovnog područja i osnovnim je konceptima usko povezan s prvenstveno predmetima Kemija, Fizika i Geografija te međupredmetnim temama i s ostalim područjima kurikuluma. Organizacija nastave biologije, u skladu s navedenim dokumentom, eksperimentalno se provodi od školske godine 2018./2019., a prema njemu su definirana četiri makrokoncepta, koja se međusobno prožimaju i povezuju omogućujući učenicima mogućnost integriranog sagledavanja najvažnijih ideja predmeta prirodoslovnog područja (slika 1.) (MZO, 2017):

1. Energija u živom svijetu
2. Proces i međuviznosti u živome svijetu
3. Organiziranost živog svijeta
4. Prirodnoznanstveni pristup



Slika 1. Konceptualni okvir nastavnog predmeta Biologija u osnovnoškolskom i srednjoškolskom obrazovanju prema *Nacionalnom dokumentu nastavnog predmeta Biologija* (preuzeto iz: MZO, 2017)

1.2. Miskoncepcije

Miskoncepcije (engl. *misconceptions*) su, prema različitim literaturnim izvorima, definirane kao krive predodžbe, obrasci razmišljanja, odnosno ideje učenika, koje se razlikuju od znanstvenih koncepata (Dikmenli i sur., 2009; Lukša, 2011). Prema Krsniku (2008), one su predkonceptije ili alternativne ideje koje su definitivno pogrešne i nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama. Umjesto izraza miskoncepcije predložen je čitav niz drugih termina, koji bolje opisuju sam pojam u skladu s njegovim stvarnim stručnim značenjem, a kao jedan od adekvatnijih prijedloga jest pojam pogrešnih misaonih modela. Međutim, u uporabi još uvijek dominira izraz miskoncepcije, koji je po svome karakteru internacionalan, u skladu je s jezičnim pravilima te upotreba takvog izvornog termina izaziva najmanje nesuglasica u tumačenju (Lukša, 2011). U literaturi se pojam poistovjećuje s alternativnim koncepcijama, no Bahar (2003) ističe važnost upotrebe izraza miskoncepcije, ukazujući na uobičajenu upotrebu navedenog izraza u znanstvenoj zajednici, poznavanje pojma u javnosti, kao i činjenicu da se

tim izrazom jednostavno prenosi poruka, da koncept može imati objašnjenja, koja su kontradiktorna sa znanstvenim spoznajama.

U skladu s navedenim, navode se tri primarna obilježja miskoncepcija – kognitivna ideja, koja je u suprotnosti sa znanstvenom teorijom, velika učestalost u populaciji učenika i studenata te napose, otpornost na odbacivanje krivih predodžbi i zamjenu ispravnim konceptima (Dikmenli i sur., 2009). Ipak, Fisher (1985) je miskoncepcijama pridružio više karakteristika, koje ih pobliže definiraju:

1. u suprotnosti su sa znanstvenim konceptima;
2. postoji tendencija da se ista miskoncepcija, ili nekoliko njih, pojavljuje kod većeg broja pojedinaca u učeničkoj ili studentskoj populaciji;
3. većina je miskoncepcija otporna na promjenu i zamjenu ispravnim modelima, a naročito pri upotrebi tradicionalnih metoda poučavanja;
4. neke miskoncepcije ponekad uključuju alternativne sustave, koji su čvrsto logički povezani te ih učenici često koriste;
5. neke miskoncepcije imaju povijesne uzroke, odnosno teorije koje su prevladane novijim znanstvenim spoznajama;
6. miskoncepcije mogu biti rezultat neuroloških poremećaja ili su pak genetski uvjetovane, što se očituje kroz automatsku obradu jezične strukture bez korekcije smisla. Također, mogu biti posljedica određenih iskustava, koja su obično zajednička većem broju ljudi ili su rezultat pogrešnog tumačenja gradiva u udžbeniku, tijekom nastave u školi, ili njegovim pogrešnim razumijevanjem.

Nesumnjivo je da su miskoncepcije ujedno i rezultat saznanja iz životnog iskustva ili učenja teže razumljivog i zahtjevnijeg gradiva. Tada učenici, u nastojanju da si približe nastavno gradivo na njima razumljiv način, stvaraju pogrešne koncepte (Fisher, 1985). Navodi se i da učenici na formalnu nastavu dolaze s već nizom različitih pogrešnih shvaćanja prirodnih struktura i pojava, a da takve krive predodžbe nadilaze dob, spol, kulturološke razlike i sposobnosti pojedinaca te svoje porijeklo imaju u osobnim iskustvima, kao i tumačenjima dijelova gradiva u nastavi pa mogu biti i rezultat miješanja postojećih znanja s novima (Bahar, 2003). I sami nastavnici mogu biti izvor miskoncepcija, ukoliko slabije razumiju pojedine dijelove nastavnog gradiva, a koji su dio njihova poučavanja, što se u konačnici odražava na učeničko shvaćanje i razumijevanje, a ujedno i ometa nadogradnju postojećih znanja u budućnosti, koje za pretpostavku ima *zdrave* i *ispravne* temelje. Sukladno tomu, pretpostavka

je da nastavnici, neovisno o tome za koji su predmet kvalificirani, pokazuju iznimno razumijevanje nastavnog gradiva na razini na kojoj poučavaju svoje učenike (Boo i Ang, 2004).

Danas znamo da, kada nove informacije pristižu u koru velikog mozga na analizu, mozak ih pokušava povezati s već postojećim informacijama, predznanjima koja smo stekli tijekom prijašnjih procesa učenja, i to na postojećoj neuronskoj mreži sličnih osobina. Drugim riječima, mozak pohranjuje nove informacije povezujući ih s već postojećim, a ukoliko se one ne slažu s postojećim obrascem razmišljanja, one se preoblikuju kako bi mu pristajale. Zapravo, to može biti put nesvjesnog ojačavanja miskoncepcija, pri kojemu pojedinac gradi svoja razmišljanja, rješava nove probleme i objašnjava pojave, ali na pogrešnim temeljima već postojećih miskoncepcija, čime se ciklus održavanja miskoncepcija održava i čini manje pogodnim za njihovo ispravljanje. Naime, ponavljanje takvih aktivnosti duž iste kombinacije neurona jača stvorene krive predodžbe (Gooding i Metz, 2011).

1.2.1. Utvrđivanje miskoncepcija dijagnostičkim testovima i njihovo uklanjanje

Miskoncepcije kod učenika i studenata postoje sve dok sami ne uvide da ih one vode ka netočnim odgovorima ili nelogičnim zaključcima. Kako bi oni prepoznali i utvrdili svoje krive pretpostavke, tijekom procesa učenja i poučavanja trebalo bi ustrajati u aktivnijem korištenju konceptualnog razumijevanja kroz problemske zadatke do čijih je rješenja moguće doći upotrebom većeg broja činjenica, informacija i ideja, a njihovo smisleno povezivanje omogućava pojedincu rješavanje novih problema. Bez pravovremenog utvrđivanja miskoncepcija kod učenika i studenata, gotovo je nemoguće postići zamjenu krivih predodžbi ispravnim konceptima. Naime, miskoncepcije u konačnici mogu dovesti do kaskade nerazumijevanja, odnosno tzv. *intelektualne konfuzije* te nemogućnosti nadogradnje i primjene novih znanja u skladu s već postojećim (Klymkowsky i sur., 2006).

Rekonstrukcija formiranih miskoncepcija u ispravne znanstvene koncepte definira se kao *konceptualna promjena*, a ona bi unutar obrazovnog procesa trebala biti posredovana nastavnicima (Carey, 1985). Istraživanja pokazuju da je percepcija nastavnika o znanju i razumijevanju učenika pojedinih dijelova nastavnog gradiva, na svim razinama obrazovanja, nerijetko pogrešna. Iako učenici na nastavu dolaze s već nizom postojećih predkoncepcija, koje im ograničavaju ili onemogućuju formiranje i razumijevanje novih konceptata u nastavi, nastavnici su toga problema, pokazuju istraživanja, najčešće nesvjesni. U skladu s navedenim, spomenuta se konceptualna promjena ne odvija spontano jer su miskoncepcije, po svojoj prirodi, vrlo otporne te nije dovoljno izložiti učenike novim konceptima, već pomno planirati

daljnje poučavanje na temelju utvrđenih predkonceptija ili miskoncepcija, koje postoje među učenicima (Lukša, 2011).

Da bi došlo do konceptualne promjene, odnosno zamjene postojećih miskoncepcija ispravnim konceptima, Strike i Posner (1982) ističu četiri temeljna uvjeta:

1. Mora postojati nezadovoljstvo učenika postojećim konceptima. Naime, učenici nevoljko mijenjaju svoje, već formirane koncepte, sve dok ne uvide da manje radikalnim promjenama svojih predkonceptija neće moći riješiti nove probleme ili situacije.
2. Novi koncept mora biti razumljiv pri čemu ga učenik može usvojiti jedino ukoliko novi koncept ima smisla. Novi koncept neće moći biti prihvaćen niti zamijeniti postojeće miskoncepcije, iako su postojeći koncepti pogrešni, sve dok se njegov smisao ne sagleda, odnosno dokaže njegova valjanost.
3. Novi koncept mora biti uvjerljiv i omogućiti rješavanje novih problema i objašnjavanje pojedinih pojava, koje postojeći koncept ne objašnjava.
4. Novi koncept mora biti plodonosniji od starog i omogućiti rješavanje problema te kao takav, biti koristan u realnom svijetu (Strike i Posner, 1982; Lukša, 2011).

U preglednom radu Kaltakci Gurel i Eryilmaz (2016) prezentiran je pregled i usporedba dijagnostičkih testova za utvrđivanje miskoncepcija u znanosti, kao i njihova učestalost korištenja u različitim istraživanjima. Pregledom dotadašnjih literaturnih izvora, znanstvenici su došli do spoznaje da je, od svih metoda za utvrđivanje miskoncepcija, intervju najčešće korištena, a potom slijede testovi sa zadacima otvorenog tipa i testovi sa zadacima višestrukog izbora, dok se najrjeđe koriste višeslojni testovi poput dvoslojnih, troslojnih i četveroslojnih testova. Od ostalih testova za procjenu konceptualnog razumijevanja i identifikaciju miskoncepcija, spominju se i konceptne mape, pojmovne mreže, konceptni fazni dijagrami (Vennovi dijagrami) (Bahar, 2003; Lukša, 2011), a ističu se i neke druge metode, poput metode crtanja, koja je ispitana i na sveučilišnim studentima, a pokazala se uspješnom u utvrđivanju miskoncepcija, kroz analizu crteža, vezanih uz fotosintezu i disanje kod biljaka, temeljem kojih se uspješnost iskazala kroz pet razina konceptualnog razumijevanja (Köse, 2008).

Intervjui se mogu provoditi s pojedincima ili grupama, a navode se kao vjerojatno najbolja metoda za razotkrivanje miskoncepcija jer se kroz njih može saznati mnogo o ljudskom umu te kakva su razmišljanja pojedinca o određenim temama iz znanosti, odnosno na koji su način formirane njegove ideje. Dakle, intervjuom se dobivaju detaljne informacije, no kao njihov najveći nedostatak navodi se mnogo vremena za intervjuiranje velikog broja ljudi, kao i pristranost, odnosno subjektivnost osobe koja intervjuira. Testovi sa zadacima otvorenog tipa

mogu biti vrlo učinkoviti u identifikaciji učeničkih zabluda obzirom ispitanici imaju više vremena za razmišljanje, konstruiranje svojih ideja te njihovo prenošenje na papir u obliku rečenica. Međutim, takve je odgovore vrlo teško analizirati i vrednovati, što se u konačnici može odraziti i na tumačenje rezultata istraživanja. Iz toga razloga, testovi sa zadacima višestrukog izbora imaju podršku velikog broja stručnjaka, česti su instrument za vrednovanje znanja učenika u školama i studenata na fakultetima, a pripisuju im se prednosti i nedostaci prikazane u tablici 2. (Kaltakci Gurel i Eryilmaz, 2016).

Tablica 2. Prednosti i nedostaci testova sa zadacima višestrukog izbora
(Kaltakci Gurel i Eryilmaz, 2016)

TESTOVI SA ZADACIMA VIŠESTRUKOG IZBORA
PREDNOSTI
pokrivanje širokog raspona tema u kratkom vremenu
svestranost i mogućnost mjerenja različitih kognitivnih razina
objektivnost u bodovanju i pouzdanost
brzo i lako analiziranje odgovora
osiguravanje vrijednih dijagnostičkih informacija u procjeni razumijevanja te određivanja učestalosti i distribucije miskoncepcija u populaciji učenika ili studenata
NEDOSTACI
loša konstrukcija ponuđenih odgovora (točan odgovor i distraktori)
mogućnost pogađanja što umanjuje pouzdanost testa
ponuđeni odgovori ne osiguravaju dovoljno dobar uvid u učeničke ideje i konceptualno razumijevanje
ograničenost pri odabiru točnog odgovora bez prostora za kreiranje vlastitih ideja
iznimna zahtjevnost pri sastavljanju kvalitetnog testa

Beichner (1994) ističe da metoda intervjua, koja osigurava prikupljanje informacija ključnih za kreiranje distraktora (netočnih odgovora) iz odgovora ispitanika, u kombinaciji sa zadacima višestrukog izbora, predstavlja vrlo dobar način za procjenu konceptualnog razumijevanja i utvrđivanje miskoncepcija u fizici. Kao jedna od značajnih kritika zadataka višestrukog izbora navodi se i nemogućnost uvida u razlog odabira pojedinog odgovora, od niza ponuđenih, što je ukazalo na potrebu nadogradnje takvih testova višeslojnim oblicima (Griffard i Wandersee, 2001). Tako se u dvoslojnim testovima pitanja pojavljuju u parovima, unutar kojeg razlikujemo dio pitanja s višestrukim izborom (jedan točan odgovor i četiri distraktora), dok se drugim dijelom pitanja odabire razlog prethodnog odgovora (u istom paru) kroz pet ponuđenih obrazloženja (Kaltakci Gurel i Eryilmaz, 2016). Iako su dvoslojni testovi dobri

dijagnostički instrumenti za procjenu konceptualnog razumijevanja učenika i spoznaje o mehanizmima i razlozima stvaranja pojedinih učeničkih miskoncepcija (Lukša, 2011), oni su dodatno nadograđeni u troslojne (koji uz prethodna dva sloja imaju i treći, namijenjen za učeničku procjenu slaganja s odabirom pojedinog odgovora), kao i četveroslojne testove (koji zahtijevaju odvojenu učeničku procjenu svoga glavnog odgovora i odgovora obrazloženja) (Kaltakci Gurel i Eryilmaz, 2016).

1.2.2. Miskoncepcije u biologiji i pregled dosadašnjih istraživanja

Miskoncepcije u biologiji su prepoznate kao ključni čimbenik, koji utječe na učeničko razumijevanje znanosti, naročito tijekom srednjoškolskog obrazovanja, a koje se može nastaviti i na akademskoj razini sveučilišnih studija. Istraživanja pokazuju da i nastavnici mogu imati čitav niz miskoncepcija iz pojedinih područja biologije te da je ključno utvrditi nove i inovativne načine za njihovo prepoznavanje i otklanjanje. Umjesto trenutačne zamjene krivih predodžbi ispravnim konceptima, znanstvenici su se složili oko ideje modela prepoznavanja, redukcije te u konačnici uklanjanja, što odgovara tzv. pedagoškom ciklusu zamjene krivih predodžbi onima koje odgovaraju najnovijim znanstvenim spoznajama (Galvin i sur., 2015).

Najčešće učeničke miskoncepcije, iz različitih znanstvenih područja, mogu potjecati iz različitih izvora, poput interakcija s društveno-fizikalnim činiteljima prije formalne nastave, udžbenika i drugih relevantnih priručnika, nastavnika, jezičnih problema i različitih kulturalnih uvjerenja i prakticiranja (Soyibo, 2008). Prema Lukša (2011), miskoncepcije u biologiji možemo podijeliti u 8 skupina, prema uzroku njihova nastanka (tablica 3).

Tablica 3. Podjela miskoncepcija prema uzroku nastanka (Luška, 2011)

OZNAKA	SKUPINE MISKONCEPCIJA
A	svakodnevni život
B	nerazumijevanje pojmova
C	jezično miješanje pojmova iz života i znanosti
D	nerazumijevanje pojmova iz fizike i kemije
E	usvajanje činjenica bez razumijevanja
F	antropocentrizam
G	formulacije iz udžbenika
M	teorije koje više ne vrijede u znanosti

Najčešće ispitivana područja u biologiji, kada je u pitanju utvrđivanje miskoncepcija, uključuju fotosintezu, genetiku, evoluciju i krvožilni sustav, a koja su ujedno pratila i formiranje već spomenutih oblika testova (Lukša, 2011). Primjerice, Michael se bavi utvrđivanjem miskoncepcija u fiziologiji, konkretno u krvožilnom i dišnom sustavu (Michael, 2010). Nadalje, koncept difuzije i osmoze smatra se ključnim za razumijevanje brojnih životnih procesa u živim bićima jer objašnjava unos vode i održavanja turgora u biljkama, održavanje vodne ravnoteže u vodenih organizama, odnosno transport korisnih i štetnih tvari u svim živim bićima. a ranija su istraživanja potvrdila da su nastavnici, kako u srednjim školama, tako i na fakultetima, svojim poučavanjem uglavnom usmjereni na stjecanje činjeničnog znanja, a ne konceptualnog razumijevanja (Odom, 1995). Miskoncepcije su utvrđene i u konceptu evolucije, konkretno prirodne selekcije, a neke od njih odnose se na objašnjenja poput: prirodna je selekcija slučajna, kao i evolucija; evolucija kao teleološki pojam, pri kojemu se definira konačni cilj; adaptacija se dobiva rođenjem; prirodna selekcija kao jedini čimbenik evolucijske promjene; ljudska vrsta je prestala evoluirati jer za nju više ne vrijedi prirodna selekcija i dr. (Al-Skawaf i sur., 2018).

Utvrđivanje miskoncepcija vezanih uz fotosintezu i stanično disanje, što je bio cilj i ovoga istraživanja, provedeno je na učenicima, studentima, kao i budućim ili tadašnjim nastavnicima biologije nizom dosadašnjih istraživanja (Hazel i Proser, 1994; Canal, 1999; Griffard i Wandersee, 2001; Özay i Öztaş, 2003; Ross i sur., 2006; Köse, 2008; Keles i Kefeli, 2010; Haslam i Treagust, 2010; Çokadar, 2012; Parker i sur., 2012; Wynn i sur., 2017), dok je u Hrvatskoj provedeno jedno takvo istraživanje, u kojem su sudjelovali učenici hrvatskih osnovnih i srednjih škola te studenti nastavničkog studija biologije (Radanović i sur., 2016).

Ranije, u Hrvatskoj su provedena slična znanstvena istraživanja s ciljem utvrđivanja miskoncepcija i konceptualnog razumijevanja u nastavnim sadržajima biologije, koja uz procese fotosinteze i staničnog disanja, pokrivaju i niz ostalih, biološki važnih tema (Delimar, 2011; Lukša i sur., 2013; Ivković, 2013; Posavac, 2013).

Razumijevanje procesa fotosinteze i staničnog disanja zahtijeva povezivanje više međusobno povezanih koncepata te je često izvor problema za učenike i studente. Odnos između fotosinteze, disanja, biljnih ekosustava i hranidbenih lanaca ključna je tema unutar biološkog obrazovanja, koja se u hrvatskom formalnom obrazovnom sustavu proučava više puta (Özay i Öztaş, 2003; Radanović i sur., 2016). Ako je učenje fotosinteze usmjereno na isključivo memoriranje velikog broja nepovezanih činjenica, opisa pojedinih faza unutar procesa, kao i pridavanje velike pažnje građi i morfološkim karakteristikama pojedinih dijelova bez povezivanja s njihovom funkcijom, ono ne može rezultirati očekivanim konceptualnim razumijevanjem (Canal, 1990). Prema Radanović i sur. (2016), miskoncepcije, vezane uz proces fotosinteze, nastaju između ostalog uslijed korištenja, sadržajima preopterećenih hrvatskih udžbenika, prevladavajuće pasivne metode učenja i poučavanja u čije procese učenici nisu aktivno uključeni, kratko uloženo vrijeme u učenje i pokušaj razumijevanja navedenih koncepata, kao i izostanak refleksija na vlastito učenje i postignute rezultate, koji proizlaze iz njega.

Još uvijek veliki broj budućih nastavnika biologije smatra da je fotosinteza proces kojim se direktno proizvodi hrana, zanemarujući činjenicu da je to proces kojim se proizvode ugljikohidrati, a koje potom organizmi mogu iskoristiti za svoju prehranu i rast. Također, određeni broj ispitanika smatra da je fotosinteza proces, kojim se odvija izmjena plinova (kisika i ugljikovog dioksida), odnosno da je ona način disanja kod biljaka. Dakle, utvrđene su miskoncepcije, koje su u pojedinim dijelovima jednake onima kod učenika osnovnih i srednjih škola, što sugerira neadekvatnu pripremljenost budućih nastavnika biologije, koji su sudjelovali u ovom istraživanju, za poučavanje budućih generacija učenika u školama. Naime, svijest o vlastitim miskoncepcijama ključna je za utvrđivanje miskoncepcija kod učenika, a potom je odabirom suvremenih metoda poučavanja moguće doprinijeti njihovom smanjenju ili uklanjanju (Çokadar, 2012).

Saznanja iz istraživanja Özay i Öztaş (2003) potvrđuju da učenici srednjih škola pokazuju vrlo malo razumijevanje ključne uloge procesa fotosinteze u ekosustavu, prije poučavanja u nastavi, a da se njihovo razumijevanje nakon obrađenog nastavnog sadržaja u nastavi nije bitno promijenilo, sugerirajući da nastava biologije u srednjoj školi nije dovoljno učinkovita u razumijevanju i povezivanju koncepata ključnih za konceptualno razumijevanje

ovoga područja, kao i da su nastale miskoncepcije vrlo otporne na promjenu. Učenici još uvijek fotosintezu promatraju kao tek izmjenu plinova, ne uočavajući stvaranje organskih spojeva i potrebe za kisikom za vlastito disanje na razini stanice te pokazuju nerazumijevanje protoka energije i ulogu sunčeve energije, koju pogrešno objašnjavaju kroz ulogu zadržavanja topline ili za bujan i zdrav izgled. Nadalje, postojanje još uvijek velikog broja miskoncepcija i izostanak konceptualnog razumijevanja procesa fotosinteze i disanja, evidentirano je i istraživanjem u kojem su sudjelovali studenti biologije. Neki od problema koji se navode su: ATP je produkt fotosinteze, u čiju su molekularnu izgradnju uključeni atomi iz CO₂; ATP se prenosi kroz biljku provodnim elementima; za produkciju ATP-a tijekom noći biljka koristi disanje, a tijekom dana fotosintezu; minerali iz tla, zajedno s vodom, značajno doprinose masi biljke i dr. (Parker i sur., 2012).

U istraživanju, u kojem su sudjelovali učenici osnovnih škola i gimnazija diljem Hrvatske, utvrđeno je postojanje miskoncepcija, zajedničkih dviju skupina učenika ili karakterističnih samo za jednu od navedenih skupina, kao rezultat njihove zamjene ispravnim konceptima, odnosno stvaranjem dodatnih kao rezultat povećanog opsega znanja u višim razredima. Između ostalih, utvrđen je i niz miskoncepcija vezan uz fotosintezu i disanje (tablica 4.) (Lukša i sur., 2013).

Tablica 4. Popis miskoncepcija (koje se odnose na razumijevanje fotosinteze i staničnog disanja) utvrđenih istraživanjem prema razredima u kojima su identificirane
(Lukša i sur., 2013)

Istraživanjem utvrđene miskoncepcije	Razredi u kojima su utvrđene pojedine miskoncepcije								
	razred OŠ					razred gimn.			
	4.	5.	6.	7.	8.	1.	2.	3.	4.
zelena boja poistovjećuje se s organizmima koji su proizvođači (npr. zelena plijesan)			+	+					
osnova za razlikovanje biljaka i životinja su različiti načini disanja i razmnožavanja	+								
biljke za fotosintezu trebaju i hranjive tvari		+							
biljka iz tla uzima hranjive tvari					+				
biljke za proizvodnju hrane koriste kisik	+	+							
kisik je u fotosintezi reaktant		+							
biljke noću stvaraju škrob		+							
biljke dišu samo noću		+							
za proces glikolize potreban je kisik								+	
kisik se troši u svim procesima u mitohondriju								+	
višak energije u biljci pohranjuje se u klorofilu i kloroplastima									+
kisik u fotosintezi nastaje iz ugljikova dioksida		+							+

Međutim, do danas u Hrvatskoj nije provedeno mnogo sličnih istraživanja na populaciji studenata biologije, što je upravo u istraživanju Lukša i sur. (2013) jedna od smjernica za djelovanje u budućnosti, a pretpostavlja utvrđivanje miskoncepcija studenata završnih godina, konkretno nastavničkih studija, kao i već kvalificiranih nastavnika, što je u Hrvatskoj obuhvaćeno spomenutim istraživanjem iz 2016. godine (Radanović i sur., 2016).

Uz njihovu identifikaciju, postoji potreba i za edukacijom nastavnika o miskoncepcijama, na osnovu čega će se moći kvalitetnije raditi na njihovom uklanjanju ili smanjenju. Na tragu dosadašnjih istraživanja te u skladu s činjenicom da je sličnih istraživanja provedenih na studentskoj populaciji u Hrvatskoj malo, osmišljeno je ovo istraživanje, s ciljem utvrđivanja miskoncepcija i konceptualnog razumijevanja studenata biologije, kroz zadatke primjerene njihovom uzrastu, a koji su konstruirani u skladu s najčešćim miskoncepcijama učenika, osnovnih škola i gimnazija, kao i studenata o čemu svjedoče saznanja spomenutih dosadašnjih istraživanja u inozemstvu. Rezultati će ovoga istraživanja vjerojatno poslužiti kao temelj za obuhvatnija istraživanja studentskih miskoncepcija u budućnosti, koja će uključivati i ostala područja iz biologije.

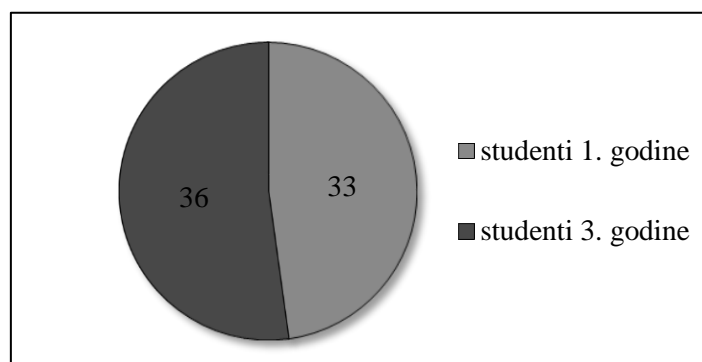
1.3. Cilj diplomskog rada

Osnovni je cilj ovog diplomskog rada utvrditi postojanje miskoncepcija u razumijevanju koncepta fotosinteze i staničnog disanja kod studenata 1. i 3. godine Preddiplomskog sveučilišnog studija Biologija, na Odjelu za biologiju pri Sveučilištu J. J. Strossmayera u Osijeku tijekom akademske godine 2017./2018., odnosno do koje se mjere miskoncepcije uklanjaju tijekom studija i niza kolegija, koji proučavaju i izučavaju navedenu problematiku. Za potrebe ovog istraživanja, ključno je izraditi pisanu provjeru znanja, u skladu s najčešćim učeničkim i studentskim miskoncepcijama utvrđenih dosadašnjim istraživanjima, čijom se analizom treba utvrditi njihovo eventualno postojanje kod studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija, kao i uspješnost studenata u rješavanju pitanja različitih razina, pri čemu najveću važnost imaju pitanja 3. razine, koja zahtijevaju konceptualno razumijevanje. Kako bismo objasnili uzroke eventualnog postojanja miskoncepcija i uspješnost u rješavanju zadataka različitih razina, potrebno je izraditi anketu o navikama učenja, čiji bi rezultati mogli objasniti uspjeh studenata na pisanoj provjeri znanja.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Uzorak

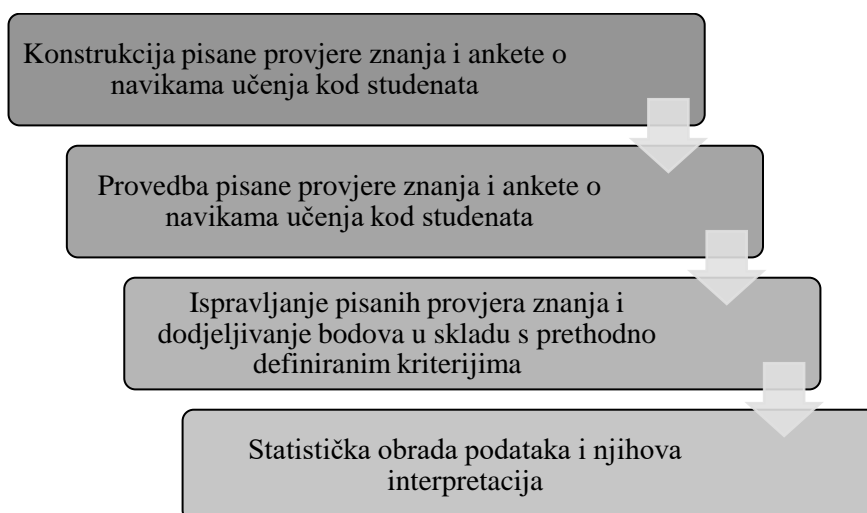
U istraživanju provedenom na kraju ljetnog semestra u akademskoj godini 2017./2018. sudjelovalo je 33 studenta 1. godine Preddiplomskog sveučilišnog studija Biologija (studenti 1. godine) i 36 studenata 3. godine Preddiplomskog sveučilišnog studija Biologija (studenti 3. godine) Odjela za biologiju pri Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (slika 2).



Slika 2. Ukupan broj studenata biologije 1. i 3. godine preddiplomskog studija koji su sudjelovali u istraživanju

2.2. Tijek istraživanja

Tijek provedenog istraživanja shematski se može prikazati kao na slici 3.



Slika 3. Shematski prikaz tijeka istraživanja

Prije provedbe ovog istraživanja, bilo je potrebno proučiti dosadašnja istraživanja konceptualnog razumijevanja i postojanja miskoncepcija vezano uz procese fotosinteze i staničnog disanja, što je iznešeno u pregledu dosadašnjih istraživanja u poglavlju 1.2.2., na osnovu kojih je unaprijed konstruirana pisana provjera znanja, a kojom su pokriveni navedeni koncepti. Također, prije konstrukcije pisane provjere znanja trebalo je utvrditi koji su koncepti i ishodi definirani *Ispitnim katalogom za državnu maturu u školskoj godini 2016./2017. za predmet Biologija* (na osnovu kojeg su se studenti 1. godine iz ovog istraživanja pripremali i pristupali državnoj maturi), a koji je u skladu s gimnazijskim programom. Isto je bilo potrebno učiniti i za kolegije tijekom preddiplomskog studija, do kraja 3. godine (tablica 5. i 6.). Nužno je istaknuti, da su ispitanici pristupali ovom istraživanju nakon odslušanij, i dijelom položenij, kolegij, u zimskom i ljetnom semestru akademske godine 2017./2018., što ukazuje na činjenicu da su istraživanju pristupali studenti koji završavaju 1. i 3. godinu preddiplomskog studij. Sukladno navedenom, studenti 1. godine, uz znanja stečena tijekom srednjoškolskog obrazovanja kao i tijekom priprema za državnu maturu iz predmeta Biologija za njezino polaganje, što je jedan od uvjeta upisa studij, biologije na Odjelu za biologiju, odslušali, i dijelom položili, niz kolegij, koji svojim ishodima i nastavnim sadržajem pokrivaju koncepte čije je razumijevanje ispitivano ovim istraživanjem. Studenti 3. godine svoja su znanja mogli proširiti kolegijima s 1., 2. i 3. godine preddiplomskog studij, biologije, što je trebalo osigurati mogućnost potpunijeg konceptualnog razumijevanja, veću uspješnost u rješavanju zadataka viših razina, kao i zamjenu ili uklanjanje miskoncepcij, ukoliko su postojale.

Tablica 5. Područja, koncepti i ishodi definirani *Ispitnim katalogom za državnu maturu u šk. god. 2016./2017.* za predmet Biologija, koji pokrivaju ispitivane koncepte u istraživanju (NCVVO, 2016)

Područje (makrokoncept): ORGANIZIRANOST ŽIVOG SVIJETA		
KONCEPT 1	KONCEPT 2	ISHODI
Odnosi veličina u živom svijetu	Makroskopske i mikroskopske veličine u živom svijetu	<ul style="list-style-type: none"> razlikovati na organizacijskim razinama živoga svijeta veličinom podređene i nadređene strukture
Porast složenosti i razvoj novih svojstava na višim organizacijskim razinama	Molekularno ustrojstvo živih organizama	<ul style="list-style-type: none"> povezati građu i svojstva vode s njezinim značenjem za održavanje života analizirati građu i svojstva biološki važnih spojeva na primjerima
	Stanično ustrojstvo živih organizama	<ul style="list-style-type: none"> povezati građu s ulogama pojedinih dijelova eukariotskih stanica na primjeru biljne i životinjske stanice
	Ustrojstvo na razini organizma	<ul style="list-style-type: none"> povezati građu i ulogu biljnih tkiva i organa
Područje (makrokoncept): TVARI I ENERGIJA U ŽIVOTNIM PROCESIMA		
KONCEPT 1	KONCEPT 2	ISHODI
Procesi izmjene tvari i pretvorba energije na razini stanice – metaboličke reakcije	Procesi vezanja energije i sinteze biomolekula – ugljikohidrata, lipida i proteina	<ul style="list-style-type: none"> usporediti fotosintezu i kemosintezu s obzirom na reaktante i produkte tih reakcija i organizme koji ih provode analizirati utjecaj vanjskih čimbenika na intenzitet fotosinteze (voda, svjetlost, temperatura i CO₂) raščlaniti reakcije fotosinteze na svjetlu i reakcije u tami (Calvinov ciklus) povezati submikropsku građu kloroplasta s fotosintezom
	Procesi oslobađanja energije iz biomolekula i sinteza ATP-a	<ul style="list-style-type: none"> analizirati procese vrenja kao procese kojima aerobni mikroorganizmi dolaze do energije objasniti stanično disanje kao proces kojim aerobni organizmi dolaze do energije
Područje (makrokoncept): RAVNOTEŽA I MEĐUOVISNOSTI U ŽIVOM SVIJETU		
KONCEPT 1	KONCEPT 2	ISHODI
Međuovisnost živog svijeta i okoliša	Prilagodljivost	<ul style="list-style-type: none"> analizirati prilagodbe biljaka na klimatske i ekstremne uvjete

Tablica 6. Ishodi i nastavni sadržaj pojedinih kolegija tijekom preddiplomskog studija biologije, koji pokrivaju ispitivane koncepte u istraživanju (*ishodi ispisani tekstom sive boje su dodani u skladu s temama nastavnog sadržaja te nisu dio originalnog Programa preddiplomskog studija*) (OBOS, 2015)

NAZIV KOLEGIJA na Odjelu za biologiju u Osijeku	Godina studija	NASTAVNI SADRŽAJ	ISHODI
Biologija stanice	1.	<ul style="list-style-type: none"> - Pregledni plan stanične organizacije - Kompartimentizacija stanice - Stanična energetika - Plastidi i plastidni pigmenti - Ultrastruktura kloroplasta i fotosinteza 	<ul style="list-style-type: none"> • objasniti važnost primjene spoznaja o građi i funkciji stanica u živome svijetu • opisati, povezati i kritički analizirati osnovne znanstvene spoznaje o građi i funkciji stanica • objasniti princip dinamičke povezanosti između struktura i njihovog funkcioniranja u stanici • objasniti faze fotosinteze i staničnog disanja • objasniti građu kloroplasta i lokalizirati pojedine faze fotosinteze sukladno građi • objasniti građu mitohondrija i lokalizirati pojedine faze staničnog disanja sukladno građi
Anatomija biljaka	1.	<ul style="list-style-type: none"> - Specifičnosti biljne stanice: plastidi, kemijski sastav protoplasta, vrste i kemizam biljnih bojila - Vrste, svojstva i funkcije biljnih tkiva - Anatomija vegetativnih organa 	<ul style="list-style-type: none"> • opisati svojstva, građu i funkcije biljne stanice • usporediti građu i svojstva biljne i životinjske stanice • opisati anatomske građu vegetativnih organa biljaka, biljnih tkiva i struktura te njihovu funkciju
Biokemija 2	2.	<ul style="list-style-type: none"> - Opći prikaz metabolizma i njegova regulacija - Metabolizam ugljikohidrata - Nastajanje metaboličke energije - Fotosinteza 	<ul style="list-style-type: none"> • u cijelosti razumjeti razgradne i biosintetske procese u živim stanicama • pratiti energetske promjene u staničnim metaboličkim procesima • uočiti ključne razlike i sličnosti u metabolizmu između životinjskih, biljnih i bakterijskih organizama
Fiziologija bilja 1	2.	<ul style="list-style-type: none"> - Biljna stanica: građa i funkcija - Uvod u metabolizam: energija i enzimi - Voda i biljne stanice - Primanje, provođenje i izlučivanje vode u biljci - Primanje i prijenos hranidbenih elemenata - Svjetlosne reakcije fotosinteze, reakcije fotosinteze u tami (Calvinov ciklus), mehanizmi za koncentriranje ugljikova dioksida; prerada primarnih produkata fotosinteze; utjecaj okolišnih čimbenika na stopu fotosinteze - Prijenos asimilata u biljci - Metabolizam ugljikohidrata i lipida - Disanje - Međusobni odnosi fotosinteze i disanja 	<ul style="list-style-type: none"> • definirati funkciju biljke na razini stanice, organa i biljke kao cjeline • razumjeti transport vode kroz biljke na molekularnoj razini i razini organizma kroz povezanost tlo-biljka-atmosfera • opisati fiziološko-biokemijske procese koji se odvijaju u biljkama • opisati prijenos asimilata kroz biljna tkiva • sažeti procese fotosinteze i staničnog disanja na razinu kemijskih jednažbi • opisati faze procesa fotosinteze • opisati faze procesa staničnog disanja te usporediti biljni i životinjski metabolizam
Fotosinteza (izborni kolegij)	3.	<ul style="list-style-type: none"> - Fotosinteza i evolucija - Molekularna organizacija tilakoidnih membrana: fotosintetski pigmenti, fotosustavi, elektron-transportni lanac - Reakcije na svjetlu i reakcije u tami: Calvin-ov ciklus 	<ul style="list-style-type: none"> • opisati molekularnu organizaciju fotosintetskog aparata i regulaciju fotosintetskih procesa • integrirati dosadašnja znanja o procesu fotosinteze

Iz navedenog je pregleda uočljivo da su koncepti fotosinteze i staničnog disanja velikom mjerom zastupljeni u hrvatskom obrazovnom sustavu, kako tijekom srednjoškolskog (u prvom redu gimnazijskog), tako i tijekom akademskog obrazovanja. U pregled je uključen i istaknut izborni kolegij Fotosinteza, na 3. godini preddiplomskog studija, kojega nisu upisali i odslušali svi studenti te godine već samo njih 11, no njegovi ishodi i sadržajna osnova navedeni su u pregledu jer su i ti studenti bili dio ispitivanog uzorka. Valja napomenuti da su pri konstrukciji pitanja pisane provjere znanja korišteni i udžbenici iz biologije za gimnazijski program, odobreni od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta (Springer i Pevalek-Kozlina, 2009; Đumlija i sur., 2014), kao i sveučilišni udžbenici iz područja biokemije i fiziologije bilja, odobrenih od strane Senata Sveučilišta u Zagrebu (Pevalek-Kozlina, 2003; Hall i Guyton, 2012; Berg i sur., 2013). Pisana provjera znanja (prilog 1.) sadržavala je ukupno 11 pitanja, od kojih je 8. pitanje bilo raščlanjeno, a 9., 10. i 11. sadržavalo niz potpitanja obzirom su navedeni zadaci bili složeni. Sukladno navedenom, pisana je provjera znanja sadržavala ukupno 24 pitanja, a ovako konstruiranom provjerom znanja, pitanjima su obuhvaćene sve 3 razine postignuća prema Crooksu (1988):

R1: reproduktivno znanje

R2: konceptualno razumijevanje i primjena znanja

R3: rješavanje problema

Pri tome se reproduktivno znanje odnosi na pohranu podataka i uključuje literalno razumijevanje u smislu reprodukcije nastavnog sadržaja, odnosno prepričavanja sadržaja bez dostignute razine razumijevanja. Druga je razina postignuća rezultat učeničkog ili studentskog povezivanja novih sa već postojećim saznanjima, dok treća, ujedno najviša kognitivna razina, predstavlja mogućnost rješavanja, za učenika ili studenta, novih problema (Labak i sur., 2013).

Pitanja su u provjeri znanja bila raspoređena u 3 skupine zadataka:

1. zadaci višestrukog izbora (uz jedan točan odgovor),
2. zadaci alternativnog tipa (točno/netočno) i
3. problemski zadaci s kombinacijom zadataka višestrukog izbora i zadataka otvorenog tipa s dopunjavanjem ili kratkim odgovorom uz obrazloženje.

Svako od navedenih skupina zadataka prethodilo je jasno objašnjenje i uputa za uspješno rješavanje zadatka, a ujedno je bio naznačen i broj mogućih bodova, koje studenti mogu ostvariti uz uvjet potpuno točnog odgovora. Studenti su obaviješteni da je pristupanje istraživanju dobrovoljno te da u svakom trenutku mogu odustati od istraživanja, a da su svojim

pristupanjem provjeri znanja suglasni sa sudjelovanjem u istraživanju. Također, posebno im je istaknuto da je ono potpuno anonimno te da ishod provjere znanja ni na koji način ne može utjecati na uspjeh u pojedinim kolegijima tijekom studiranja u budućnosti. U skladu s navedenim, studenti su upisivali svoje zaporke temeljem kojih su mogli vidjeti svoj uspjeh na pisanoj provjeri znanja, nakon njezina vrednovanja. Za rješavanje pisane provjere znanja studenti su imali 45 minuta te su zamoljeni da se prilikom provjere znanja pridržavaju pravila ponašanja, uobičajenih pristupanju sličnim provjerama, pri čemu je međusobna komunikacija nedozvoljena obzirom bi ona utjecala na daljnji tijek i relevantnost rezultata istraživanja.

Anketa o navikama učenja kod studenata biologije konstruirana je za potrebe ovog istraživanja (prilog 2.) u skladu s Likertovom skalom slaganja (Allen i Seaman, 2007), pri čemu su studenti trebali odlučiti do koje se mjere, sa svakom od ukupno 24 tvrdnje, slažu u skladu sa skalom: 1 – uopće se ne slažem, 2 – uglavnom se ne slažem, 3 – niti se slažem niti se ne slažem, 4 – uglavnom se slažem i 5 – u potpunosti se slažem. Anonimna je anketa provedena odmah nakon rješavanja pisane provjere znanja, a za njezino je rješavanje bilo predviđeno 5 minuta.

Nakon provedbe pisane provjere znanja i ankete o navikama učenja, pristupilo se vrednovanju pisanih provjera znanja kroz dodjeljivanje bodova, u skladu s unaprijed utvrđenim kriterijima, računanja ukupnog broja ostvarenih bodova i rangiranje studenata prema uspješnosti, a potom su unešeni odgovori anonimne ankete u obrazac za analizu, nakon čega je uslijedila statistička analiza prikupljenih podataka.

2.3. Instrumenti istraživanja

Obrada i analiza podataka pisane provjere znanja podrazumijevala je računanje ukupne uspješnosti studenata 1. i 3. godine na pojedinim pitanjima, kao i sveukupne uspješnosti u skladu s ukupnim brojem bodova svakog pojedinog studenta.

Od metrijskih analiza testa, najprije je izračunat indeks lakoće (p), koji ukazuje, kako mu i sam naziv sugerira, na to koliko je pojedino pitanje "lako" te bi li se ono trebalo zamijeniti ili preoblikovati za korištenje u budućnosti. Indeks lakoće (p) računat je prema sljedećoj formuli:

$$\frac{\text{broj točnih odgovora na pojedino pitanje}}{\text{ukupan broj studenata}}$$

Dakle, pitanja s vrijednostima indeksa lakoće od 0,3 do 0,7 smatraju se idealnima za testiranje, dok se ona najteža pitanja, na koja nije bilo odgovora, uklanjaju u idućoj verziji pisane provjere znanja (Petz, 2004).

Potom je izračunat indeks diskriminativnosti (D), kojim se mjeri sposobnost zadatka u mjerenju individualnih razlika među učenicima, kao odraz njihovih stvarnih razlika u znanju određenog nastavnog sadržaja. Kako bi se izračunala vrijednost D , potrebno je odrediti trećinu najboljih i trećinu najlošijih studenata, u skladu s ukupnim brojem studenata, koji su sudjelovali u istraživanju te njihovom uspješnošću, koja je odraz njihovog ostvarenog broja bodova te na temelju kojeg su zauzeli određeno mjesto na rang ljestvici. Stoga se indeks diskriminativnosti računa prema sljedećoj formuli:

$$\frac{2 \cdot (B - L)}{\text{ukupan broj studenata}}$$

pri čemu vrijednost B označava trećinu najboljih studenata, a L trećinu najlošijih. Pitanje s vrijednosti indeksa diskriminativnosti većom od 0,35 smatra se izvrsnim pitanjem, između 0,35 i 0,25 dobro pitanje, između 0,25 i 0,15 prihvatljivo, a s vrijednošću manjom od 0,15 neprihvatljivim. Prema tome, što je vrijednost D veća, to zadatak bolje razlikuje učenike u odnosu na njihovo znanje, a što je ona niža, to pitanje pokazuje slučajnu povezanost zadatka i ukupnog uratka te bi takve zadatke trebalo ukloniti u sljedećim verzijama pisane provjere znanja (Haladyna, 2002).

Nadalje, izračunat je i Cronbachov alfa-koeficijent, kojim se procjenjuje pouzdanost pitanja u pisanim provjerama znanja, a koji se računa prema sljedećoj općoj formuli:

$$\left(\frac{k}{k-1}\right) \cdot \left(1 - \left(\sum \frac{V_i}{V_t}\right)\right)$$

pri čemu je k broj zadataka, V_i varijanca pojedinih dijelova, dok je V_t varijanca cijele pisane provjere znanja. Visoke vrijednosti Cronbachovog alfa-koeficijenta ukazuju na veću međusobnu povezanost zadataka, pri čemu se provjera znanja s vrijednošću ovoga koeficijenta većom od 0.9 smatra vrlo visoko pouzdanom, iznad 0.8 visoko pouzdanom, iznad 0.7 zadovoljavajuće pouzdanom, a iznad 0.6 prihvatljiva uz nužnost određenih korekcija u narednim konstrukcijama (Bukvić, 1982; Labak i sur., 2013).

Kvaliteta svakog pojedinog pitanja u pisanoj provjeri znanja procijenjena je procjenom prirodoslovne pismenosti (*PP*) i utjecaja pitanja na odgovor (*U*), a sukladno navedenom, konstruiran je obrazac za navedenu procjenu, koji ujedno sadržava elemente procjene prirodoslovne pismenosti i utjecaja pitanja na odgovor (Tablica 7). Prirodoslovna je pismenost, prema projektu PISA, definirana kao sposobnost korištenja prirodoslovnog znanja, prepoznavanja pitanja i izvođenja zaključaka temeljenih na dokazima radi razumijevanja i lakšeg donošenja odluka o prirodnom svijetu i promjenama koje u njemu izaziva ljudska aktivnost. Dakle, procjena se kvalitete pitanja vrši prema formuli:

$$\frac{(PP + U)}{2}$$

te se pitanje s vrijednošću 1 smatra lošim, vrijednošću 2 slabim, 3 dobrim, 4 vrlo dobrim i 5 izvrsnim pitanjem (Radanović i sur., 2010).

Tablica 7. Računanje kvalitete pitanja procjenom prirodoslovne pismenosti (*PP*) i utjecaja pitanja na odgovor (*U*) u pismenoj provjeri znanja (Radanović i sur., 2010)

Kvaliteta pitanja		Procjena prirodoslovne pismenosti (<i>PP</i>)			Procjena utjecaja pitanja na odgovor (<i>U</i>)		
1	LOŠE	Elementi procjene prirodoslovne pismenosti		Skala važnosti pitanja	Elementi procjene utjecaja pitanja na odgovor		Skala utjecaja pitanja na odgovor
2	SLABO						
3	DOBRO	A	važnost pitanja za struku	1 – jako nevažno 2 – nevažno 3 – niti važno niti nevažno 4 – važno 5 – jako važno	E	razumljivost	1 – jako utječe 2 – dosta utječe 3 – srednje utječe 4 – slabo utječe 5 – ne utječe
4	VRLO DOBRO	B	važnost pitanja za život		F	konstrukcija pitanja	
5	IZVRSNO	C	važnost pitanja za propisani program		G	logičko zaključivanje	
$(PP + U) / 2$		D	kritičko mišljenje		H	dodatno učenje	
		PRIRODOSLOVNA PISMENOST (<i>PP</i>)		(A + B + C + D) / 4	UTJECAJ PITANJA NA ODGOVOR (<i>U</i>)		(E + F + G + H) / 4

Kvaliteta pitanja procijenjena je prema navedenom obrascu od strane četiri neovisna mjeritelja s ciljem postizanja što objektivnijeg rezultata, a među njima su bili: student završne godine biologije, dvije sveučilišne profesorice i autor ovog rada te je srednja vrijednost dobivenih rezultata za procjenu prirodoslovne pismenosti, utjecaja pitanja na odgovor i kvalitete pitanja prikazana u poglavlju 5.1. (tablica 9. i 10.).

Dijagnosticiranje eventualnih miskoncepcija provedeno je kroz svrstavanje studenata u klase riješenosti s obzirom na njihov uspjeh. Stoga je na osnovu postotka ukupne riješenosti ovim istraživanjem definirano 6 klasa riješenosti: > 60 %, 50 – 60 %, 40 – 50 %, 30 – 40 %, 20

– 30 % i < 20 %. Prema tome, pojedina je miskoncepcija vezana uz razumijevanje ispitivanih koncepata utvrđena ukoliko se isti pogrešan odgovor pojavio u svim klasama studenata.

2.4. Statistička obrada podataka

Normalnost raspodjele numeričkih varijabli testirana je Shapiro-Wilk testom. Obzirom numerički podaci ne slijede normalnu raspodjelu za usporedbu uspješnosti, na osnovu ukupnog broja ostvarenih bodova, u rješavanju pisane provjere znanja između studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija, korišten je Mann-Whitney U test. Uspješnost studenata po kognitivnim razinama, iskazana kao ukupan broj bodova, prikazana je kutijastim dijagramima s brkovima, koji su opisani medijanima i granicama interkvartilnog raspona pri čemu je: crta u kutiji – medijan; gornji rub kutije – UQ, gornji kvartil; donji rub kutije – LQ, donji kvartil; gornja granica "gornjeg brka" – maksimum, donja granica "donjeg brka" – minimum te je dodana srednja vrijednost – znak \times .

Statistički testovi provedeni su u statističkom programskom paketu Statistika 12 (*Quest Software Inc., Aliso Viejo, CA, SAD*) na razini značajnosti od $\alpha = 0,05$.

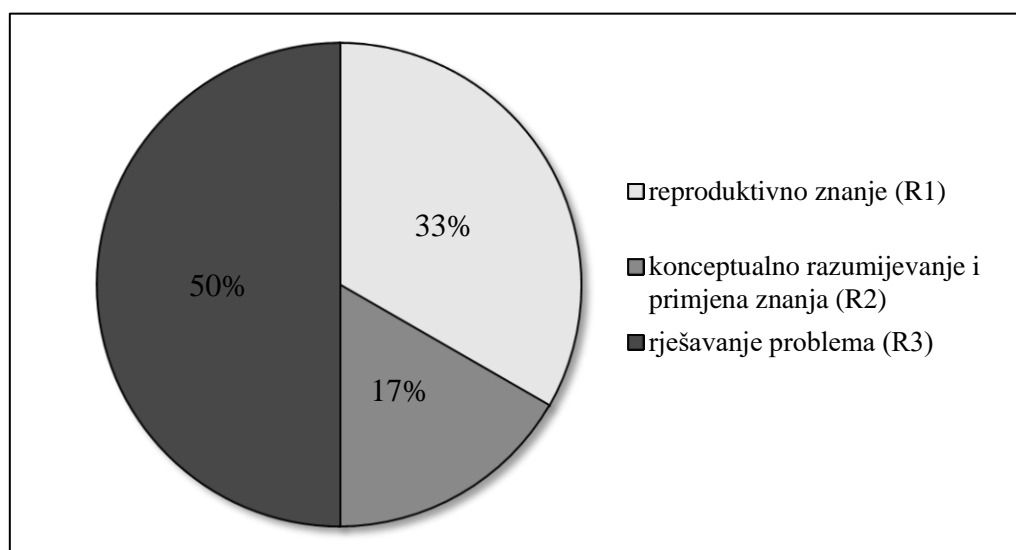
3. REZULTATI

Pisana je provjera znanja analizirana obzirom na kognitivne razine prema Crooks (1998), pouzdanost (Cronbachov alfa-koeficijent), indeks lakoće (p) i indeks diskriminativnosti (D) te je od strane 4 nezavisna mjeritelja procijenjena prirodoslovna pismenost, utjecaj pitanja na odgovor, kao i kvaliteta samog pitanja. Potom je analizirana uspješnost studenata 1. i 3. godine u rješavanju pitanja različitih razina obuhvaćenih pisanom provjerom znanja, a posebno su analizirana ona pitanja, u kojima je identificirano postojanje miskoncepcija. Također, analizirana je i anketa provedena među studentima o njihovim navikama učenja tijekom studija.

3.1. Analiza pisane provjere znanja provedene među studentima 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije

Pisana se provjera znanja sastojala od 11 pitanja, no 8. je pitanje bilo raščlanjeno (od 8.1. do 8.5.), a pitanja 9., 10. i 11. bila su složena te su uključivala dodatna potpitanja. Pitanja su se bodovala, u ovisnosti o točnosti, s 0 ili 1 bod, osim u 11.4. pitanju u kojemu je bilo moguće

ostvariti najviše 2 boda. Pitanja su u provjeri znanja konstruirana prema Crooksovoj (1988) taksonomiji tako da sve razine postignuća (R1, R2 i R3) budu zastupljene (slika 4).



Slika 4. Struktura pitanja pisane provjere znanja obzirom na razine postignuća prema Crooksovoj taksonomiji (1988)

Pitanja R1 razine (reproduktivno znanje) bila su zastupljena s 33 % (8 pitanja u kojima je bilo moguće ostvariti ukupno 8 bodova), pitanja R2 razine (konceptualno razumijevanje i primjena znanja) bila su zastupljena s 17 % (4 zadatka u kojima je bilo moguće postići ukupno 4 boda), dok su pitanja najviše kognitivne razine, R3 (rješavanje problema), bila zastupljena s 50 % (3 pitanja s ukupno 12 potpitanja u kojima je bilo moguće ostvariti ukupno 13 bodova).

Prema Grgin (1994), u pisanoj se provjeri znanja nalazilo 7 pitanja s višestrukim izborom (ukupno 7 bodova), 5 pitanja s alternativnim izborom (ukupno 5 bodova) i 3 složena pitanja s ukupno 12 potpitanja u kojima je bilo potrebno rješavanje problema (ukupno 13 bodova) (tablica 8).

Tablica 8. Struktura pisane provjere znanja s navedenim brojem mogućih bodova uz pojedino pitanje, razinom postignuća i tipom zadatka

R. br. pitanja	Broj bodova	Razina postignuća (Crooks, 1988)	Tip zadatka (Grgin, 1994)
1.	1	R2	višestruki izbor
2.	1	R2	višestruki izbor
3.	1	R1	višestruki izbor
4.	1	R2	višestruki izbor
5.	1	R1	višestruki izbor
6.	1	R1	višestruki izbor
7.	1	R2	višestruki izbor
8.1.	1	R1	alternativni izbor
8.2.	1	R1	alternativni izbor
8.3.	1	R1	alternativni izbor
8.4.	1	R1	alternativni izbor
8.5.	1	R1	alternativni izbor
9.1.	1	R3	rješavanje problema
9.2.	1	R3	rješavanje problema
9.3.	1	R3	rješavanje problema
10.1.	1	R3	rješavanje problema
10.2.	1	R3	rješavanje problema
10.3.	1	R3	rješavanje problema
10.4.	1	R3	rješavanje problema
11.1.	1	R3	rješavanje problema
11.2.	1	R3	rješavanje problema
11.3.	1	R3	rješavanje problema
11.4.	2	R3	rješavanje problema
11.5.	1	R3	rješavanje problema

Cronbachov alfa-koeficijent za pisanu provjeru znanja provedenu među studentima 1. godine iznosi 0,71 te se u skladu s tim smatra zadovoljavajuće pouzdanom. Za istu pisanu provjeru znanja, provedenu među studentima 3. godine, Cronbachov alfa-koeficijent iznosi 0,65 te je prema tome ona prihvatljiva, no uz nužnost određenih korekcija u slijedećim konstrukcijama provjera znanja.

U pisanoj provjeri znanja provedenoj među studentima 1. godine, prema indeksu lakoće (p), pitanje 11.1. procijenjeno je kao lagano pitanje, pitanja 1., 4., 7., 8.3., 10.1., 10.2., 10.3. procijenjena su kao teška pitanja, dok se ostala pitanja smatraju idealnim za testiranje (tablica 9). Uzevši u obzir indeks diskriminativnosti (D), u pisanoj se provjeri znanja nalazi 12 izvrsnih pitanja (5., 8.2., 8.3., 8.5., 9.1., 9.2., 9.3., 10.1., 10.4., 11.2., 11.4. i 11.5.), koja precizno

razlikuju uspješne od neuspješnih studenata, dok su 4 pitanja neprihvatljiva (6., 8.4., 10.2., 11.3.).

Tablica 9. Prikaz pitanja pisane provjere znanja provedene među studentima 1. godine s obzirom na razine, indeks lakoće (p), indeks diskriminativnosti (D), kao i kvalitetu pitanja, prirodoslovnu pismenost i utjecaj pitanja na odgovor

PISANA PROVJERA ZNANJA PROVEDENA MEĐU STUDENTIMA 1. GODINE (Cronbachov alfa-koeficijent = 0,71)							
R. br.	Razina	p	D	Kvaliteta pitanja		Prirodoslovna pismenost	Utjecaj pitanja na odgovor
1.	R2	0,18	0,24	4,34	<i>vrlo dobro</i>	4,44	4,25
2.	R2	0,61	0,30	4,25	<i>vrlo dobro</i>	4,19	4,31
3.	R1	0,61	0,18	4,25	<i>vrlo dobro</i>	3,94	4,56
4.	R2	0,12	0,24	4,16	<i>vrlo dobro</i>	3,63	4,69
5.	R1	0,33	0,42	4,28	<i>vrlo dobro</i>	4,06	4,50
6.	R1	0,48	-0,06	4,22	<i>vrlo dobro</i>	3,81	4,63
7.	R2	0,24	0,24	4,31	<i>vrlo dobro</i>	4,00	4,63
8.1.	R1	0,45	0,24	4,41	<i>vrlo dobro</i>	4,06	4,75
8.2.	R1	0,61	0,48	4,25	<i>vrlo dobro</i>	3,75	4,75
8.3.	R1	0,27	0,48	4,56	<i>izvrsno</i>	4,38	4,75
8.4.	R1	0,36	0,06	4,53	<i>izvrsno</i>	4,44	4,63
8.5.	R1	0,52	0,42	4,28	<i>vrlo dobro</i>	3,81	4,75
9.1.	R3	0,45	0,36	4,16	<i>vrlo dobro</i>	3,88	4,44
9.2.	R3	0,36	0,42	4,41	<i>vrlo dobro</i>	4,13	4,69
9.3.	R3	0,30	0,36	4,56	<i>izvrsno</i>	4,75	4,38
10.1.	R3	0,27	0,42	4,75	<i>izvrsno</i>	4,94	4,56
10.2.	R3	0,00	0,00	4,81	<i>izvrsno</i>	4,94	4,69
10.3.	R3	0,18	0,30	4,69	<i>izvrsno</i>	4,81	4,56
10.4.	R3	0,48	0,55	4,41	<i>vrlo dobro</i>	4,50	4,31
11.1.	R3	0,76	0,24	4,69	<i>izvrsno</i>	4,75	4,63
11.2.	R3	0,42	0,48	4,31	<i>vrlo dobro</i>	4,25	4,38
11.3.	R3	0,06	0,12	4,75	<i>izvrsno</i>	4,75	4,75
11.4.	R3	0,52	0,55	4,44	<i>vrlo dobro</i>	4,75	4,13
11.5.	R3	0,58	0,42	4,56	<i>izvrsno</i>	4,38	4,75

Međutim, u pisanoj provjeri znanja provedenoj među studentima 3. godine, prema indeksu lakoće (p), 3. je pitanje procijenjeno kao lagano, pitanja 4., 6., 8.3., 9.3., 10.1., 10.2. i 11.3. procijenjena su kao teška, dok su ostala idealna za testiranje (tablica 10). Prema indeksu diskriminativnosti (D), pitanja 1., 2., 8.2. i 10.3. procijenjena su kao izvrsna, dok je 7 neprihvatljivih pitanja (4., 6., 8.1., 8.3., 9.1., 10.2. i 11.2.).

Tablica 10. Prikaz pitanja pisane provjere znanja provedene među studentima 3. godine s obzirom na razine, indeks lakoće (p), indeks diskriminativnosti (D), kao i kvalitetu pitanja, prirodoslovnu pismenost i utjecaj pitanja na odgovor

PISANA PROVJERA ZNANJA PROVEDENA MEĐU STUDENTIMA 3. GODINE (Cronbachov alfa-koefficient = 0,65)							
R. br.	Razina	p	D	Kvaliteta pitanja		Prirodoslovna pismenost	Utjecaj pitanja na odgovor
1.	R2	0,56	0,39	4,34	<i>vrlo dobro</i>	4,44	4,25
2.	R2	0,36	0,39	4,25	<i>vrlo dobro</i>	4,19	4,31
3.	R1	0,83	0,17	4,25	<i>vrlo dobro</i>	3,94	4,56
4.	R2	0,14	-0,11	4,16	<i>vrlo dobro</i>	3,63	4,69
5.	R1	0,31	0,22	4,28	<i>vrlo dobro</i>	4,06	4,50
6.	R1	0,25	0,11	4,22	<i>vrlo dobro</i>	3,81	4,63
7.	R2	0,58	0,22	4,31	<i>vrlo dobro</i>	4,00	4,63
8.1.	R1	0,31	0,11	4,41	<i>vrlo dobro</i>	4,06	4,75
8.2.	R1	0,53	0,39	4,25	<i>vrlo dobro</i>	3,75	4,75
8.3.	R1	0,14	0,11	4,56	<i>izvrsno</i>	4,38	4,75
8.4.	R1	0,36	0,17	4,53	<i>izvrsno</i>	4,44	4,63
8.5.	R1	0,44	0,22	4,28	<i>vrlo dobro</i>	3,81	4,75
9.1.	R3	0,58	0,00	4,16	<i>vrlo dobro</i>	3,88	4,44
9.2.	R3	0,56	0,22	4,41	<i>vrlo dobro</i>	4,13	4,69
9.3.	R3	0,22	0,22	4,56	<i>izvrsno</i>	4,75	4,38
10.1.	R3	0,25	0,17	4,75	<i>izvrsno</i>	4,94	4,56
10.2.	R3	0,03	0,00	4,81	<i>izvrsno</i>	4,94	4,69
10.3.	R3	0,33	0,39	4,69	<i>izvrsno</i>	4,81	4,56
10.4.	R3	0,69	0,22	4,41	<i>vrlo dobro</i>	4,50	4,31
11.1.	R3	0,67	0,33	4,69	<i>izvrsno</i>	4,75	4,63
11.2.	R3	0,47	0,11	4,31	<i>vrlo dobro</i>	4,25	4,38
11.3.	R3	0,11	0,17	4,75	<i>izvrsno</i>	4,75	4,75
11.4.	R3	0,47	0,33	4,44	<i>vrlo dobro</i>	4,75	4,13
11.5.	R3	0,44	0,33	4,56	<i>izvrsno</i>	4,38	4,75

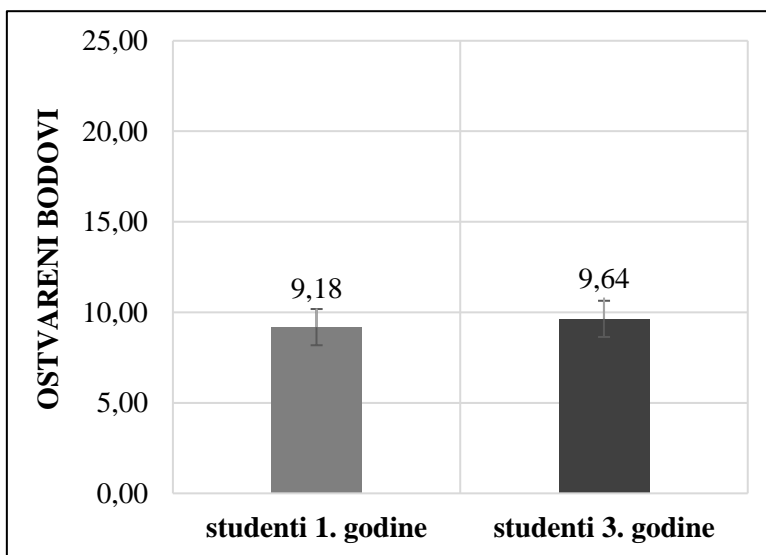
Na temelju procjene kvalitete pitanja, jedinstvene za obje pisane provjere, nekoliko je izvrsno postavljenih pitanja u provjeri znanja (8.3., 8.4., 9.3., 10.1., 10.2., 10.3., 11.1., 11.3. i 11.5.) pa iako za neka od njih prethodna metrijska analiza sugerira neprihvatljivost i nužnost zamjene ili korekcija, ona se mogu zadržati uz manje preinake i u narednim konstrukcijama pisane provjere znanja (tablica 9. i 10). U odnosu na njih, ostala su pitanja vrlo dobro postavljena. Procjena utjecaja pitanja na odgovor otkriva da je on najveći kod pitanja 8.1., 8.2., 8.3., 8.5., 11.3. i 11.5. ($U = 4,75$), a najmanji za pitanje 11.4. ($U = 4,13$). Procjena prirodoslovne pismenosti, također ključna za procjenu kvalitete pitanja, otkriva najvišu vrijednost procijenjene prirodoslovne pismenosti ($P = 4,94$) kod pitanja 10.1. i 10.2., a najmanju kod 4. pitanja ($P = 3,63$).

3.2. Analiza uspješnosti rješavanja pisane provjere znanja

Uspješnost u rješavanju pisane provjere znanja analizirana je kroz usporedbu ukupne uspješnosti studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija, kao i kroz usporedbu uspješnosti studenata dvaju različitih godina u rješavanju pitanja različitih razina.

3.2.1. Usporedba ukupne uspješnosti studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije u rješavanju pisane provjere znanja

Ukupna uspješnost studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija procijenjena je usporedbom prosječnog broja ostvarenih bodova kod studenata 1. i 3. godine (slika 5.)

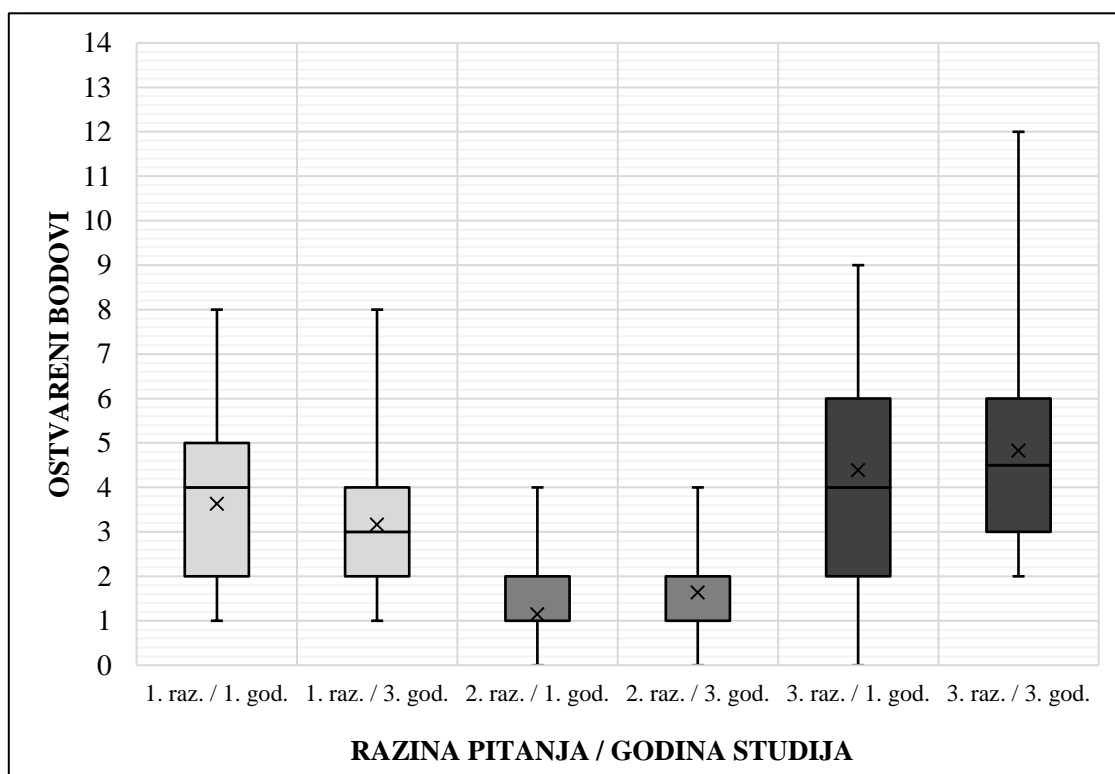


Slika 5. Usporedba ukupne uspješnosti (ostvarenih bodova) između studenata 1. i 3. godine

Studenti 1. godine preddiplomskog studija ostvarili su lošiji rezultat u rješavanju pisane provjere znanja ($\bar{x} = 9,18$) u odnosu na studente 3. godine ($\bar{x} = 9,64$), no ta razlika nije statistički značajna.

3.2.2. Usporedba uspješnosti studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije u rješavanju pitanja različitih razina

Usporedba uspješnosti studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija, u rješavanju pitanja različitih razina, prikazana je kao odnos ostvarenih bodova u pojedinim razinama pitanja (1., 2. i 3.) između te dvije skupine (slika 6.).



Slika 6. Usporedba uspješnosti studenata 1. i 3. godine u rješavanju pitanja 1., 2. i 3. razine

U pisanoj provjeri znanja, studenti 1. godine ostvarili su najmanje 1, a najviše 8 bodova u pitanjima 1. razine, dok su u pitanjima 2. razine ostvarili najviše 4 boda, a u pitanjima 3. razine najviše 9 bodova. Barem je 50 % studenata 1. godine u pitanjima 1. razine ostvarilo 4 boda ili manje te 4 boda ili više, u pitanjima 2. razine 1 bod ili manje te 1 bod ili više, a 3. razine 4 boda ili manje te 4 boda ili više. Također, 25 % studenata 1. godine u pitanjima 1. razine ostvarilo je 2 boda ili manje, 2. razine 1 bod ili manje te 3. razine 2 boda ili manje, dok 25 % studenata iste godine je u pitanjima 1. razine ostvarilo 5 bodova ili više, 2. razine 2 boda ili više i 3. razine 6 bodova ili više.

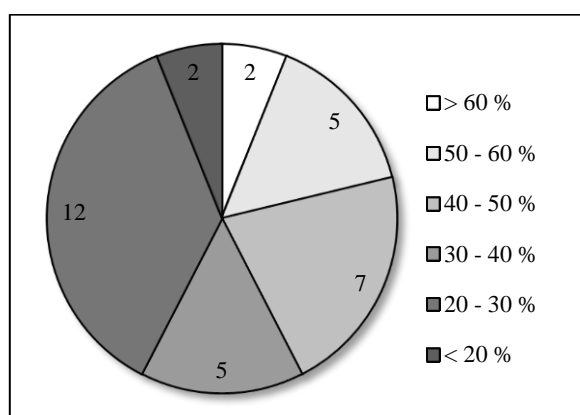
Studenti 3. godine su, u pisanoj provjeri znanja, u pitanjima 1. razine ostvarili najmanje 1, a najviše 8 bodova, 2. razine najviše 4 boda, dok su u pitanjima 3. razine ostvarili najmanje 2, a najviše 12 bodova. Barem 50 % studenata 3. godine je u ostvarilo u pitanjima 1. razine 3

boda ili manje te 3 boda ili više, 2. razine 2 boda ili manje te 2 boda ili više, a 3. razine 4,5 boda ili manje te 4,5 boda ili više. Nadalje, 25 % studenata 3. godine je u pitanjima 1. razine ostvarilo 2 boda ili manje, 2. razine 1 bod ili manje, dok su u pitanjima 3. razine ostvarili 3 boda ili manje. Međutim, 25 % studenata je u pitanjima 1. razine ostvarilo 4 boda ili više, u pitanjima 2. razine 2 boda ili više te u pitanjima 3. razine 6 bodova ili više.

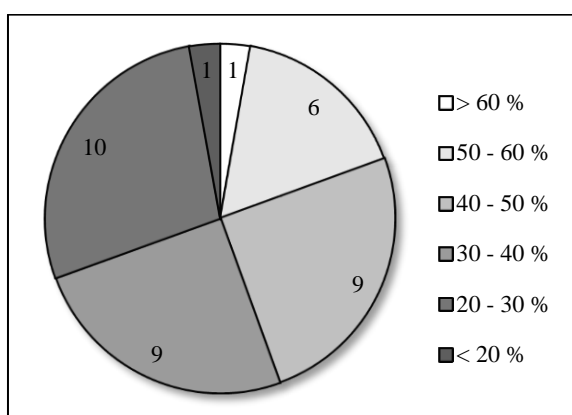
Sukladno navedenom, studenti 3. godine preddiplomskog studija su ostvarili statistički značajno bolje rezultate, u odnosu na studente 1. godine, samo u rješavanju pitanja 2. razine ($U = 411$; $N_1 = 33$; $N_2 = 36$; $p = 0,028$), dok u rješavanju pitanja ostalih razina ne postoje statistički značajne razlike između ove dvije skupine ispitanika.

3.3. Utvrđivanje miskonceptija kod studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije

Uspjeh svakog pojedinog studenta u pisanoj provjeri znanja bio je temelj za određivanje klasa uspješnosti te su studenti ovih dviju skupina ispitanika svrstani u 6 klasa: $> 60\%$, $50 - 60\%$, $40 - 50\%$, $30 - 40\%$, $20 - 30\%$ i $< 20\%$. Analizom odgovora na svako pojedino pitanje u pisanoj provjeri znanja, utvrđene su eventualne miskonceptije kao isti pogrešni odgovori, koji su se pojavili u svim klasama studenata barem jedne skupine ispitanika (slika 7. i 8.) te su oni ujedno i prikazani u daljnjoj analizi. U grafičkim prikazima usporedbe učestalosti pojedinog odgovora, kod studenata 1. i 3. godine, na određeno pitanje iz provjere znanja, eventualne su miskonceptije kod pojedine skupine studenata obrubljene crnim okvirom, a točni su odgovori podvučeni linijom.



Slika 7. Raspodjela studenata 1. godine prema klasama uspješnosti



Slika 8. Raspodjela studenata 3. godine prema klasama uspješnosti

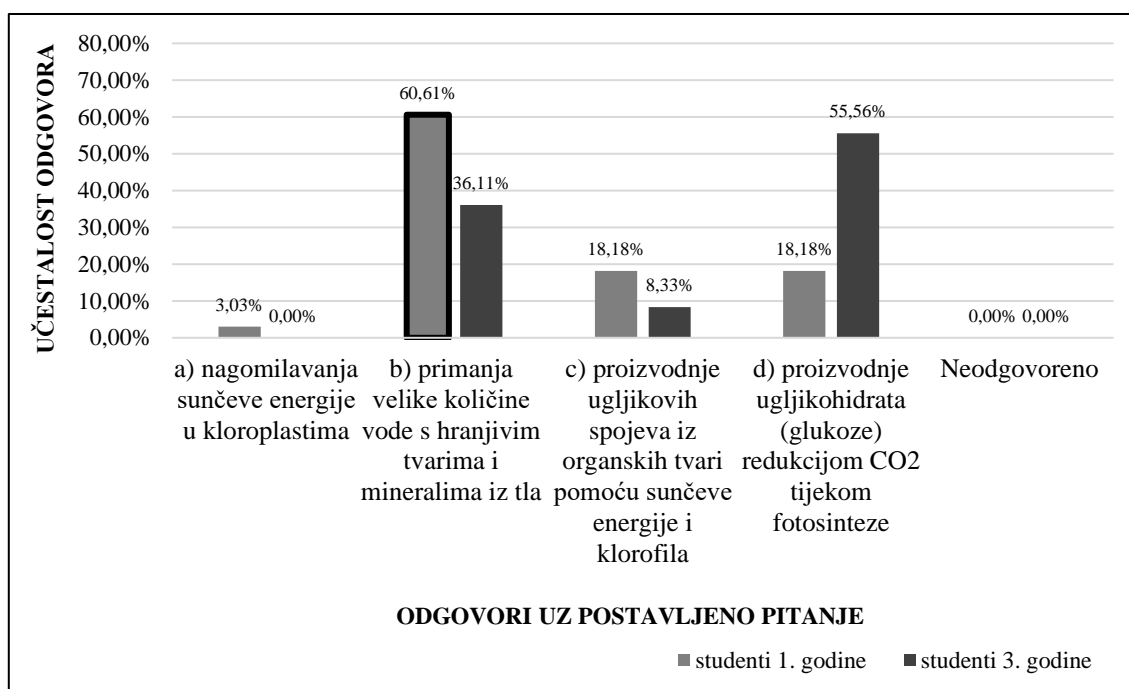
Iz grafičkoga je prikaza vidljivo da se najveći broj studenata 1. i 3. godine može svrstati u klasu s uspješnosti od 20 do 30 % u pisanoj provjeri znanja. Također, 2 studenta 1. godine i 1 student 3. godine pripada klasi s uspješnošću većom od 60 %, a jednaka je raspodjela studenata i za uspješnost manju od 20 %.

1. pitanje:

Masa mladice gorskog javora (*Acer pseudoplatanus*) se povećala 30 puta nakon 5 godina uzgoja u kontroliranim uvjetima. Povećanje biljne mase rezultat je:

- a) nagomilavanja sunčeve energije u kloroplastima
- b) primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla
- c) proizvodnje ugljikovih spojeva iz organskih tvari pomoću sunčeve energije i klorofila
- d) proizvodnje ugljikohidrata (glukoze) redukcijom CO₂ tijekom fotosinteze

Na 1. je pitanje 2. razine, točan odgovor ponudilo samo 18,18 % studenata 1. godine te čak 55,56 % studenata 3. godine (slika 9). Kod studenata 1. godine najčešći je odgovor „b) *primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla*“ te se isti pojavljuje u svim klasama studenata pa je on označen kao miskoncepcija studenata 1. godine. Ovo je pitanje prema indeksu lakoće ($p = 0,18$) procijenjeno kao teško pitanje u pisanoj provjeri znanja provedenoj među studentima 1. godine, dok je u pisanoj provjeri znanja provedenoj među studentima 3. godine procijenjeno kao pitanje idealno za testiranje ($p = 0,56$). Nadalje, prema indeksu diskriminativnosti, ono je neprihvatljivo ($D = 0,24$) u pisanoj provjeri znanja provedenoj među studentima 1. godine, dok je onaj provedenoj među studentima 3. godine izvrsno pitanje ($D = 0,39$). Prema procjeni kvalitete pitanja, ovo je pitanje utvrđeno kao vrlo dobro ($KP = 4,44$) (tablica 9. i 10).



Slika 9. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 1. pitanje (točan je odgovor d), a crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

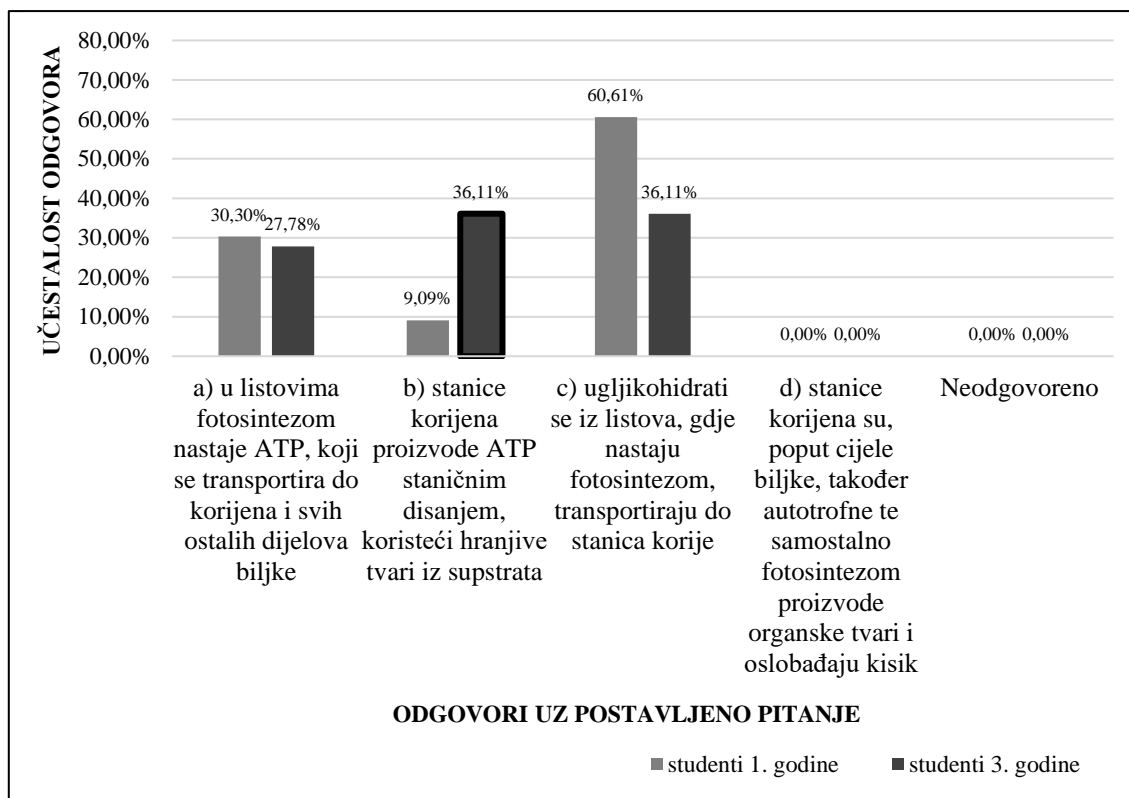
2. pitanje:

Afrička ljubičica (*Saintpaulia ionantha*) stoji na prozorskoj dasci u ukrasnoj keramičkoj posudi i apsorbira Sunčevu energiju. Na koji se način stanice korijena, koje nisu izložene svjetlosnom zračenju, osiguravaju potrebnom energijom za stanični rad, poput primjerice aktivnog transporta kroz membranu?

- a) u listovima fotosintezom nastaje ATP, koji se transportira do korijena i svih ostalih dijelova biljke
- b) stanice korijena proizvode ATP staničnim disanjem, koristeći hranjive tvari iz supstrata
- c) ugljikohidrati se iz listova, gdje nastaju fotosintezom, transportiraju do stanica korijena
- d) stanice korijena su, poput cijele biljke, također autotrofne te samostalno fotosintezom proizvode organske tvari i oslobađaju kisik

Netočan odgovor na 2. pitanje, 2. razine, „b) stanice korijena proizvode ATP staničnim disanjem, koristeći hranjive tvari iz supstrata“ utvrđen je kao najčešći s pojavnošću u svim klasama studenata 3. godine te je iz toga razloga ocijenjen kao miskoncepcija kod te skupine studenata, a ujedno jednaki ih broj točno odgovara na ovo pitanje (slika 10). U odnosu na njih, većina studenata 1. godine odgovara na pitanje točno, a njih je ujedno i gotovo dvostruko više od studenata 3. godine, koji na to pitanje odgovaraju točno. Pitanje je ocijenjeno kao idealno za testiranje u obje pisane provjere ($p = 0,61$ za pisanu provjeru kod studenata 1. godine; $p = 0,36$ za pisanu provjeru kod studenata 3. godine), a prema indeksu diskriminativnosti, ono je dobro

($D = 0,30$) u provjeri znanja provedenoj kod studenata 1. godine, a izvrsno ($D = 0,39$) u provjeri znanja kod studenata 3. godine, stoga izvrsno razlikuje najbolje od najlošijih studenata. Također je i, prema procjeni kvalitete pitanja, ovo pitanje ocijenjeno kao vrlo dobro ($KP = 4,19$) (tablica 9. i 10).



Slika 10. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 2. pitanje (točan je odgovor c), a crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

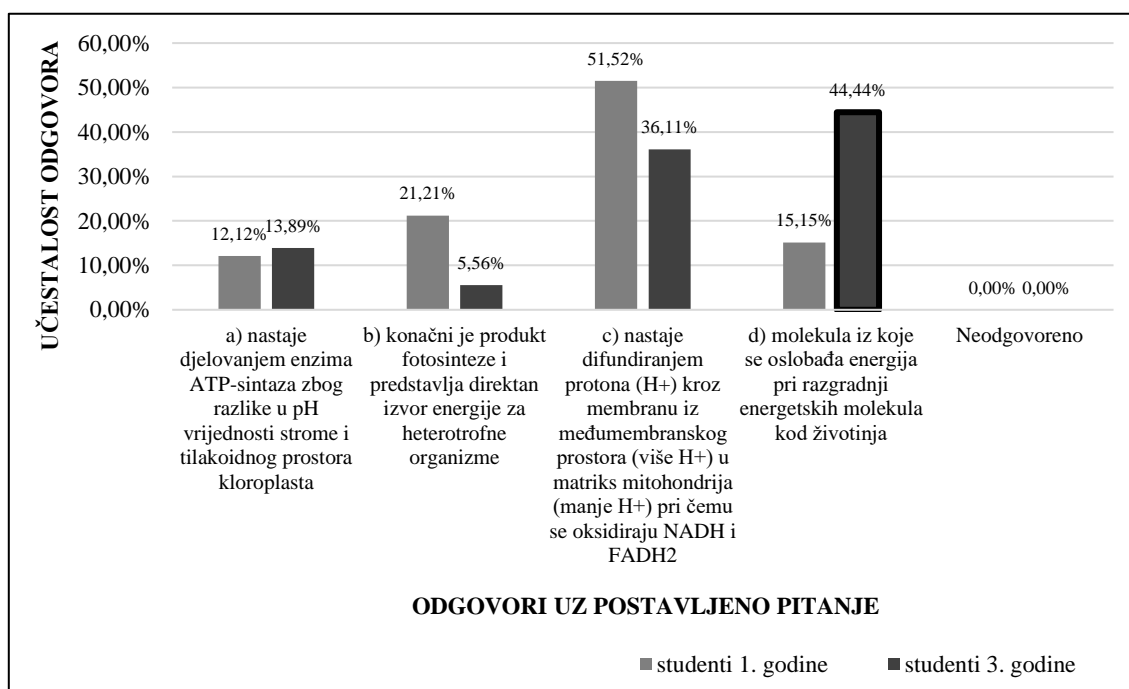
4. pitanje:

Zaokružite točnu tvrdnju za adenozin-trifosfat (ATP).

- a) nastaje djelovanjem enzima ATP-sintaza zbog razlike u pH vrijednosti strome i tilakoidnog prostora kloroplasta
- b) konačni je produkt fotosinteze i predstavlja direktan izvor energije za heterotrofne organizme
- c) nastaje difundiranjem protona (H^+) kroz membranu iz međumembranskog prostora (više H^+) u matriks mitohondrija (manje H^+) pri čemu se oksidiraju NADH i $FADH_2$
- d) molekula iz koje se oslobađa energija pri razgradnji energetskih molekula kod životinja

I u 4. je pitanju, 2. razine, miskoncepcija utvrđena kod studenata 3. godine, kod kojih većina odgovorom „d) molekula iz koje se oslobađa energija pri razgradnji energetskih molekula kod životinja“ netočno odgovara, dok studenti 1. godine u najvećoj mjeri odabiru

odgovor c) (slika 11). Točno na ovo pitanje odgovara samo 12,12 % studenata 1. godine i 13,89 % studenata 3. godine. Ono je prema indeksu lakoće, procijenjeno kao teško pitanje u obje provjere znanja ($p = 0,12$ u provjeri znanja kod studenata 1. godine, $p = 0,14$ u provjeri znanja kod studenata 3. godine), dok je prema izračunatom indeksu diskriminativnosti u pisanoj provjeri znanja provedenoj među studentima 1. godine pitanje prihvatljivo ($D = 0,24$), a ono provedenoj među studentima 3. godine neprihvatljivo ($D = -0,11$). No, procjenom kvalitete pitanja, ono je procijenjeno kao vrlo dobro ($KP = 4,16$) (tablica 9. i 10).



Slika 11. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 4. pitanje (točan je odgovor a), a crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

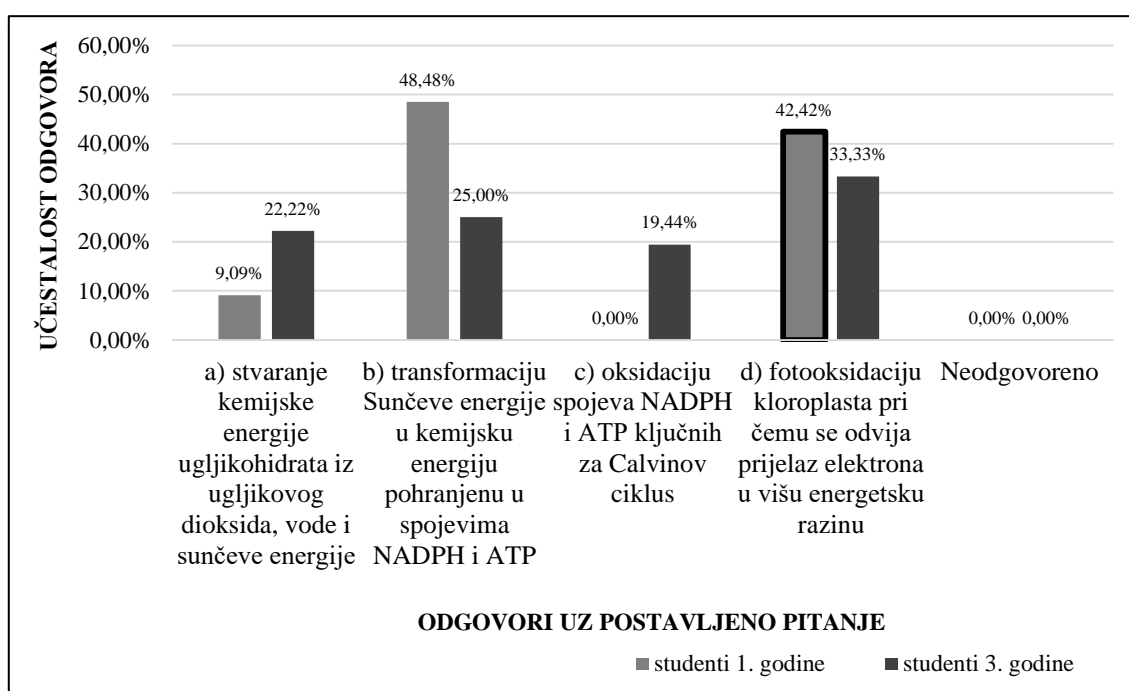
6. pitanje:

Svjetlosne reakcije fotosinteze podrazumijevaju:

- a) stvaranje kemijske energije ugljikohidrata iz ugljikovog dioksida, vode i sunčeve energije
- b) transformaciju Sunčeve energije u kemijsku energiju pohranjenu u spojevima NADPH i ATP
- c) oksidaciju spojeva NADPH i ATP ključnih za Calvinov ciklus
- d) fotooksidaciju kloroplasta pri čemu se odvija prijelaz elektrona u višu energetska razinu

Iako je gotovo polovica studenata 1. godine na 6. pitanje, 1. razine, u najvećoj mjeri točno odgovorila, njih 42,42 % odabire odgovor „d) fotooksidaciju kloroplasta pri čemu se odvija prijelaz elektrona u višu energetska razinu“, koji je ujedno kod ove skupine studenata

označen kao miskoncepcija (slika 12). I studenti 3. godine u najvećoj mjeri odgovaraju netočno istim odgovorom, a ujedno ih samo četvrtina odgovara točno na ovo pitanje pa je njihova uspješnost, u ovom pitanju, manja od studenata 1. godine. Pitanje je procijenjeno kao idealno za testiranje u provjeri provedenoj kod studenata 1. godine ($p = 0,48$) te kao teško ($p = 0,25$) kod studenata 3. godine, a prema indeksu je diskriminativnosti ocijenjeno kao neprihvatljivo u obje pisane provjere znanja ($D = -0,06$ kod studenata 1. godine, $D = 0,11$ kod studenata 3. godine), odnosno njime se ne razlikuju najbolji od najlošijih studenata. Nasuprot tomu, procjenom kvalitete pitanja ovo je pitanje ocijenjeno kao vrlo dobro ($KP = 4,22$) (tablica 9. i 10).



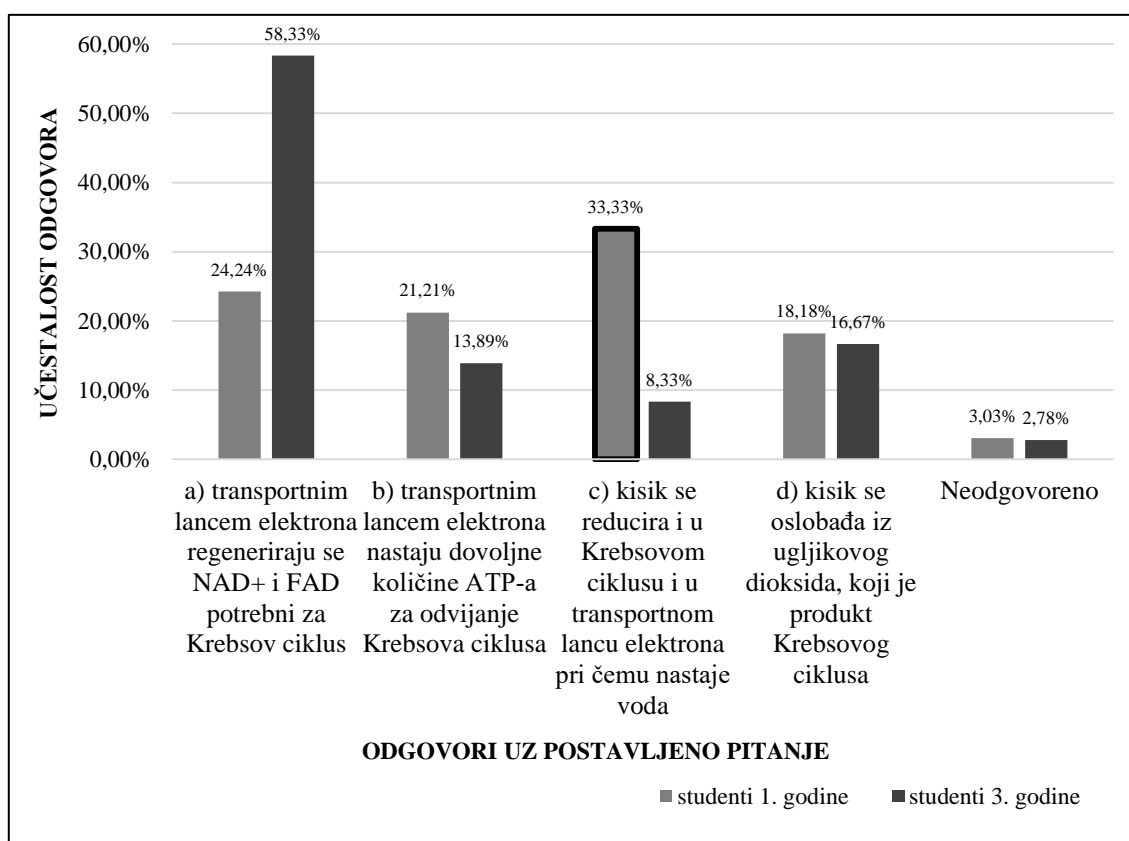
Slika 12. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 6. pitanje (točan je odgovor b), a crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

7. pitanje:

Iako kisik sudjeluje samo u posljednjoj etapi staničnog disanja (transportni lanac elektrona) i Krebsov je ciklus (ciklus limunske kiseline) aeroban proces, u odnosu na glikolizu. Zašto je Krebsov ciklus aeroban proces iako ne koristi kisik izravno?

- a) transportnim lancem elektrona regeneriraju se NAD^+ i FAD potrebni za Krebsov ciklus
- b) transportnim lancem elektrona nastaju dovoljne količine ATP-a za odvijanje Krebsova ciklusa
- c) kisik se reducira i u Krebsovom ciklusu i u transportnom lancu elektrona pri čemu nastaje voda
- d) kisik se oslobađa iz ugljikovog dioksida, koji je produkt Krebsovog ciklusa

Na 7. je pitanje najveći broj studenata 3. godine točno odgovorio, pri čemu samo četvrtina studenata 1. godine nudi točan odgovor (slika 13). Ujedno su studenti 1. godine, u najvećoj mjeri, odgovorili odgovorom „c) kisik se reducira i u Krebsovom ciklusu i u transportnom lancu elektrona pri čemu nastaje voda“, koji se kod ove skupine studenata pojavljuje u svim klasama uspješnosti, stoga je ocijenjen kao miskoncepcija, u odnosu na studente 3. godine, kod kojih samo 8,33 % bira taj odgovor. Na pitanje nije ponudio odgovor podjednak broj obje skupine studenata. Dok je u provjeri znanja kod studenata 1. godine ovo pitanje procijenjeno kao teško ($p = 0,24$), a u provjeri znanja provedenoj među studentima 3. godine kao idealno za testiranje ($p = 0,58$), ono je prihvatljivo u obje pisane provjere znanja ($D = 0,24$ kod studenata 1. godine, $D = 0,22$ kod studenata 3. godine) glede razlikovanja najboljih od najlošijih studenata. Procjenom kvalitete pitanja, ono je procijenjeno kao vrlo dobro pitanje ($KP = 4,31$) (tablica 9. i 10).



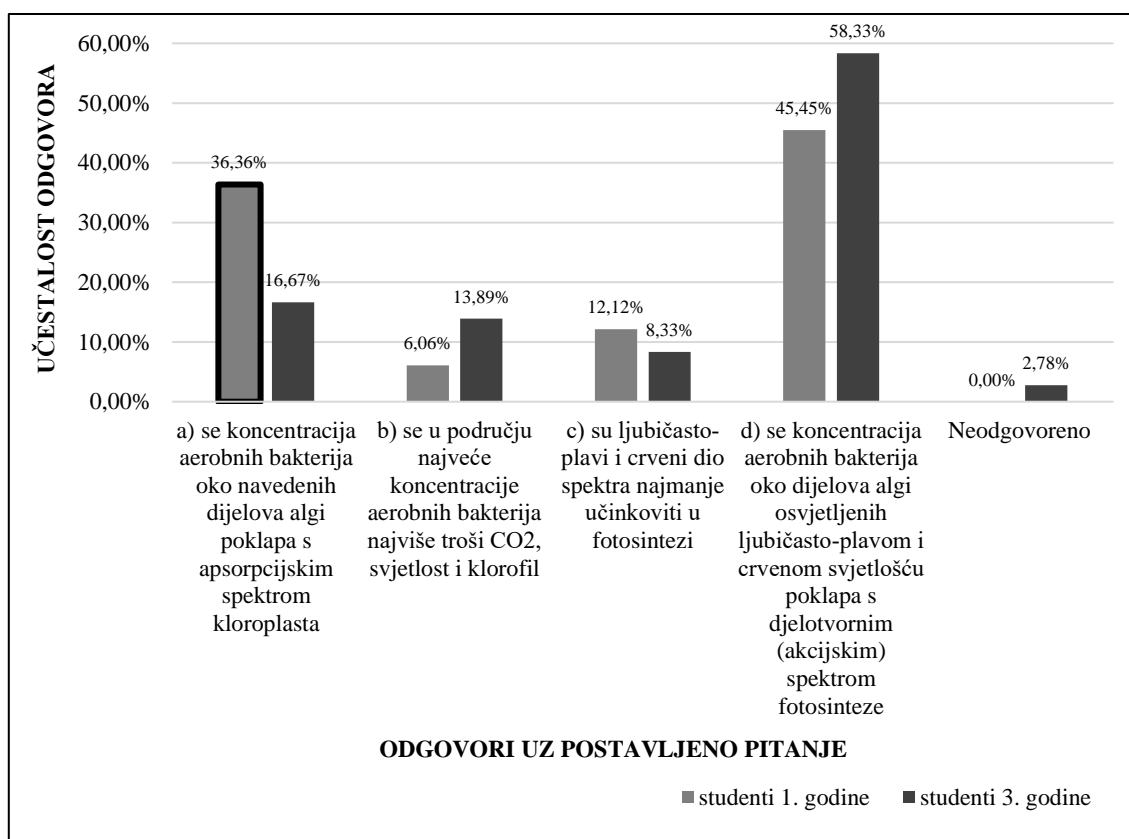
Slika 13. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 7. pitanje (točan je odgovor a), a crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

9.1. pitanje:

U eksperimentu je dokazano da (zaokružite jedan točan odgovor):

- a) se koncentracija aerobnih bakterija oko navedenih dijelova algi poklapa s apsorpcijskim spektrom kloroplasta
- b) se u području najveće koncentracije aerobnih bakterija najviše troši CO₂, svjetlost i klorofil
- c) su ljubičasto-plavi i crveni dio spektra najmanje učinkoviti u fotosintezi
- d) se koncentracija aerobnih bakterija oko dijelova algi osvijetljenih ljubičasto-plavom i crvenom svjetlošću poklapa s djelotvornim (akcijskim) spektrom fotosinteze

Na pitanje 9.1., kao dio 9. pitanja 3. razine, točno odgovora većina studenata i 1. i 3. godine, no u usporedbi sa studentima 1. godine, uspješnost je studenata 3. godine u ovom pitanju veća (slika 14). Također, čak 36,36 % studenata 1. godine na ovo pitanje odgovara netočno odgovorom „a) se koncentracija aerobnih bakterija oko navedenih dijelova algi poklapa s apsorpcijskim spektrom kloroplasta“, koji je kod ove skupine studenata označen kao miskoncepcija, obzirom se isti netočan odgovor pojavljuje u svim klasama studenata 1. godine. Prema indeksu je lakoće ovo pitanje procijenjeno kao idealno za testiranje u obje pisane provjere znanja ($p = 0,45$ kod studenata 1. godine, $p = 0,58$ kod studenata 3. godine), a prema indeksu je diskriminativnosti izvrsno razlikuje najbolje od najlošijih studenata u pisanoj provjeri znanja kod studenata 1. godine ($D = 0,36$), dok to nije slučaj u provjeri znanja provedenoj među studentima 3. godine ($D = 0,00$). Unatoč tomu, prema procjeni kvalitete pitanja ono je procijenjeno kao vrlo dobro pitanje ($KP = 4,16$) (tablica 9. i 10).



Slika 14. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 9.1. pitanje (točan je odgovor d), a crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

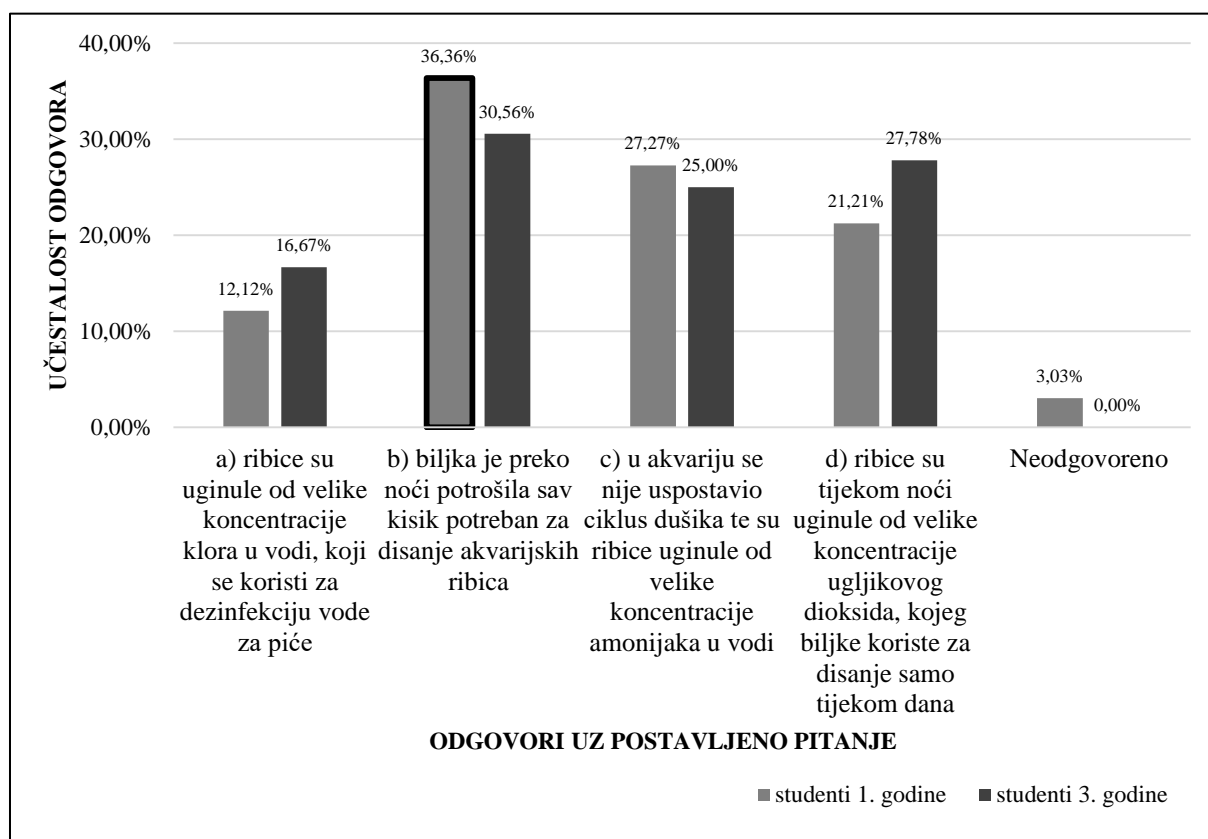
10.1. pitanje:

Marko je već sljedeće jutro uočio 2 uginule ribice, a nakon 7 dana uginule su sve. Što je, od ponudenoga, najvjerojatniji uzrok uginuća ribica u kratkom periodu?

- a) ribice su uginule od velike koncentracije klora u vodi, koji se koristi za dezinfekciju vode za piće
- b) biljka je preko noći potrošila sav kisik potreban za disanje akvarijskih ribica
- c) u akvariju se nije uspostavio ciklus dušika te su ribice uginule od velike koncentracije amonijaka u vodi
- d) ribice su tijekom noći uginule od velike koncentracije ugljikovog dioksida, kojeg biljke koriste za disanje samo tijekom dana

Miskoncepcija je kroz odgovor „b) biljka je preko noći potrošila sav kisik potreban za disanje akvarijskih ribica“ u 10.3. pitanju, kao jedno od četiri potpitanja unutar 10. pitanja 3. razine, utvrđena kod studenata 1. godine, a studenti 3. godine također u najvećoj mjeri odabiru taj odgovor (slika 15). Studenti 1. godine (njih 27,27 %) odgovoraju podjednako točno, kao i studenti 3. godine (njih 25 %), na ovo pitanje. Pitanje je procijenjeno kao teško u obje provjere znanja ($p = 0,27$ kod studenata 1. godine, $p = 0,25$ kod studenata 3. godine), izvrsno odvaja

najbolje od najlošijih studenata ($D = 0,42$ kod studenata 1. godine, $D = 0,39$ kod studenata 3. godine), a ujedno je procijenjeno i kao izvrsno pitanje ($KP = 4,69$) (tablica 9. i 10).



Slika 15. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 10.1. pitanje (točan je odgovor c), a crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

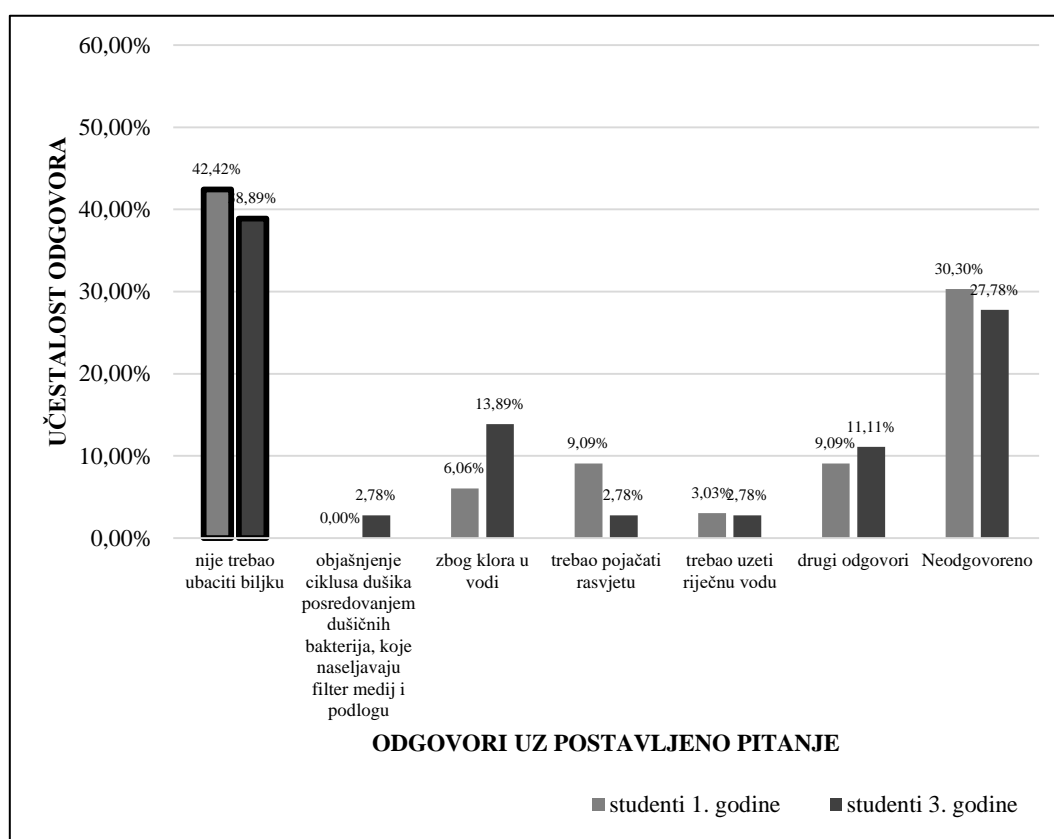
10.2. pitanje:

Objasnite svoj odgovor u zadatku 10.1. te predložite na koji je način Marko mogao spriječiti ugibanje ribica.

Predloženi točan odgovor: U tako kratkom periodu od postavljanja akvarija, nije se mogao uspostaviti ciklus dušika posredovanjem dušičnih bakterija, koje naseljavaju podlogu i filter medij te sudjeluju u procesu uklanjanja toksičnih, amonijevih spojeva iz vode, stoga je Marko trebao pričekati neko vrijeme do useljavanja prvih ribica.

Dakle, uz 10.1. pitanje, trebalo je ponuditi objašnjenje svoga odabira u 10.2. pitanju. Na ovo pitanje studenti 1. godine uopće nisu točno odgovorili, a tek je 1 student 3. godine ponudio točan odgovor kroz objašnjenje dušičnog ciklusa i važnosti dušičnih bakterija. Također, studenti su mogli ponuditi bilo koji odgovor, a na grafičkom prikazu prikazani su neki od najčešćih (slika 16). Najčešći je odgovor ovih dviju skupina ispitanika „*nije trebao ubaciti biljku*“ te je isti ocijenjen kao miskoncepcija. Od ostalih odgovora, ističu se „*trebao je*

destilirati vodu“, „*previsoka je temperatura vode*“, koje su ponudili po jedan student s 1. godine studija te „*trebao je staviti drugu biljku*“, „*biljke tijekom noći ne fotosintetiziraju pa je trebao pojačati rasvjetu*“, koje su ponudili po jedan student 3. godine, dok su dva studenta s te godine istaknula da se prije postavljanja akvarija s ribicama „*trebao bolje pripremiti za akvaristiku*“. Prema indeksu lakoće ($p = 0,00$) i diskriminativnosti ($D = 0,00$), ovo je pitanje procijenjeno kao neprihvatljivo u pisanoj provjeri provedenoj među studentima 1. godine, a također i u studenata 3. godine ($p = 0,03$ i $D = 0,00$) (tablica 9. i 10).



Slika 16. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 10.2. pitanje (crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

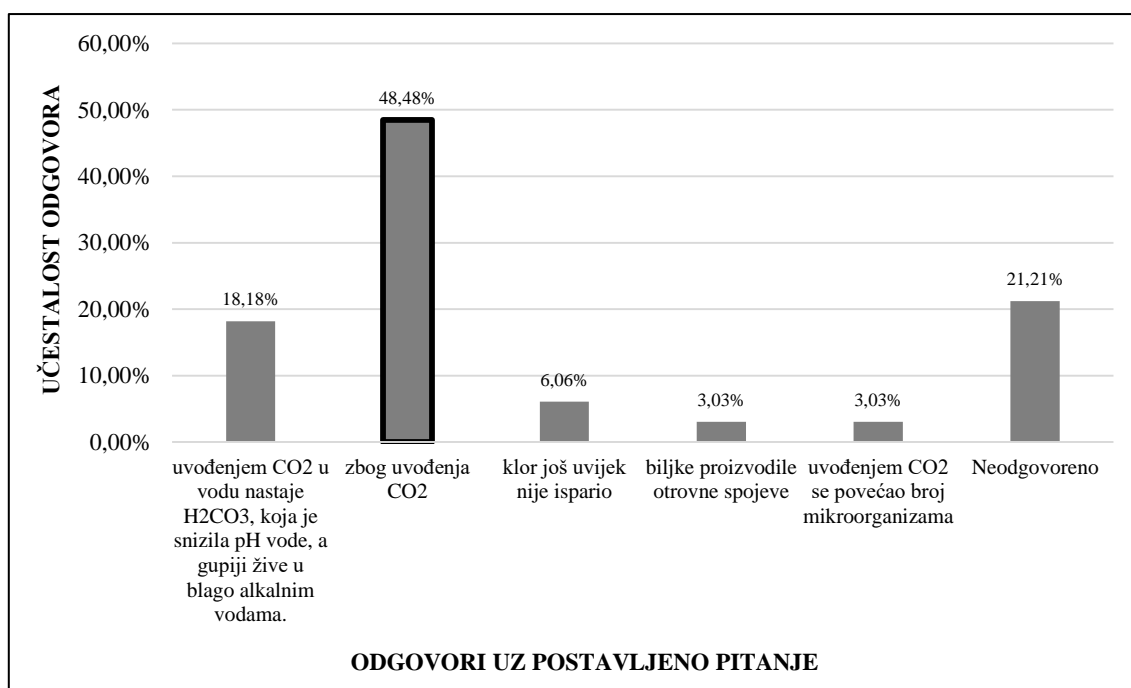
10.3. pitanje:

Nakon početnog neuspjeha, Marko se odlučio za ozbiljniji pristup akvaristici te je u akvarij ponovno naselio akvarijske ribice gupi i zasadio zahtjevne biljne vrste, zbog kojih je bio primoran uvoditi dodatne količine ugljikovog dioksida u vodu za njihov uspješan rast i razvitak. Iako je CO₂ dodavao u količinama, koje nisu ometale procese disanja kod ribica, već nakon nekoliko dana bilo je vidljivo da im ne odgovaraju novi uvjeti te je došlo do pojave prvih znakova bolesti i ugibanja.

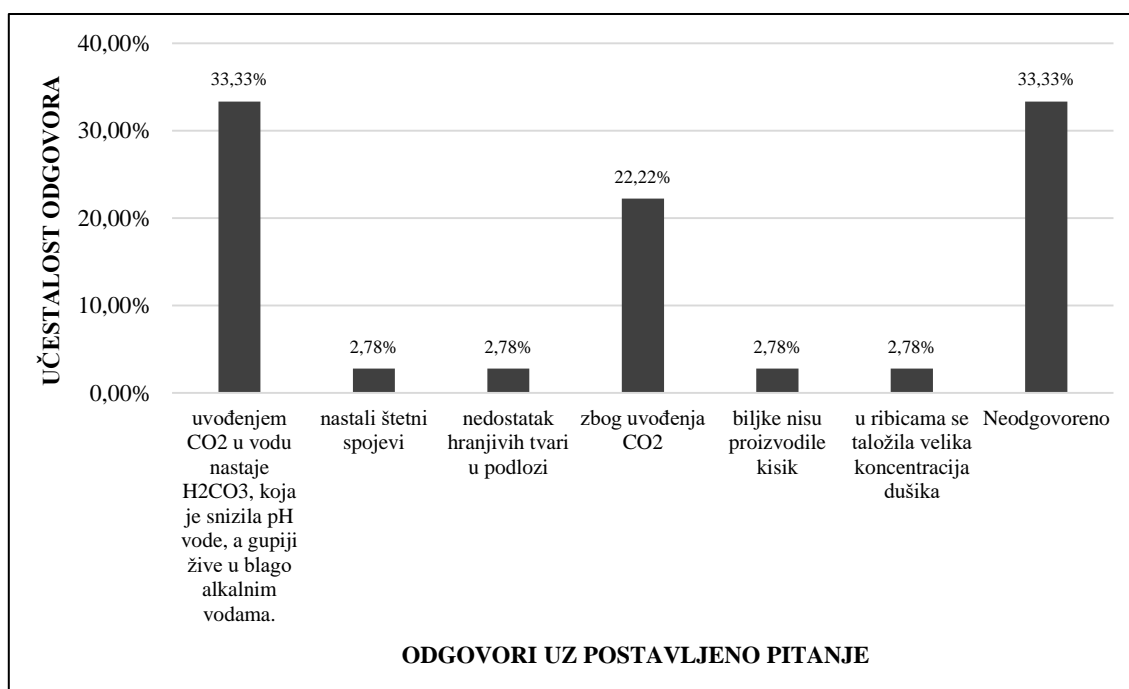
Objasnite na koji je način uvođenje CO₂ u akvarijsku vodu moglo utjecati na razvoj bolesti i ugibanje gupija.

Predloženi točan odgovor: uvođenjem CO₂ u vodu nastaje ugljična kiselina, koja smanjuje pH vode stvarajući blago kiselo područje, dok je gupijima prirodno stanište blago alkalna voda.

U pitanju 10.3., studenti su trebali objasniti uzrok ugibanja akvarijskih ribica uslijed uvođenja CO_2 , uz naznaku da ta količina uvedenog plina nije ometala procese disanja. Sukladno navedenom, studenti su ponudili različite odgovore prikazane na slici 17. i 18. Studenti su 3. godine, u točnom odgovaranju na ovo pitanje, uspješniji u odnosu na studente 1. godine, kod kojih je uočen i odgovor „zbog uvođenja CO_2 “ koji se pojavljuje u svim klasama studenata, a kojim se ni na koji način ne objašnjava navedeno već samo potvrđuje. Isti je odgovor upotrijebilo i 8 studenata 3. godine, kod kojih se taj odgovor pojavljuje u 5 od 6 klasa studenata. Treba imati na umu da je veliki broj studenata, s obje godine, koji nisu odgovorili na ovo pitanje. Pitanje je procijenjeno kao teško za studente 1. godine ($p = 0,18$) te kao idealno za testiranje kod studenata 3. godine ($p = 0,33$), dok je prema indeksu diskriminativnosti ono dobro u provjeri kod studenata 1. godine ($D = 0,30$) te izvrsno kod studenata 3. godine ($D = 0,39$). Također je i prema procjeni kvalitete pitanja ovo pitanje procijenjeno kao izvrsno ($KP = 4,69$) (tablica 9. i 10).



Slika 17. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. godine na 10.3. pitanje (točan odgovor je „uvođenjem CO_2 u vodu nastaje H_2CO_3 , koja je snizila pH vode, a gupiji žive u blago alkalnim vodama“; crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)



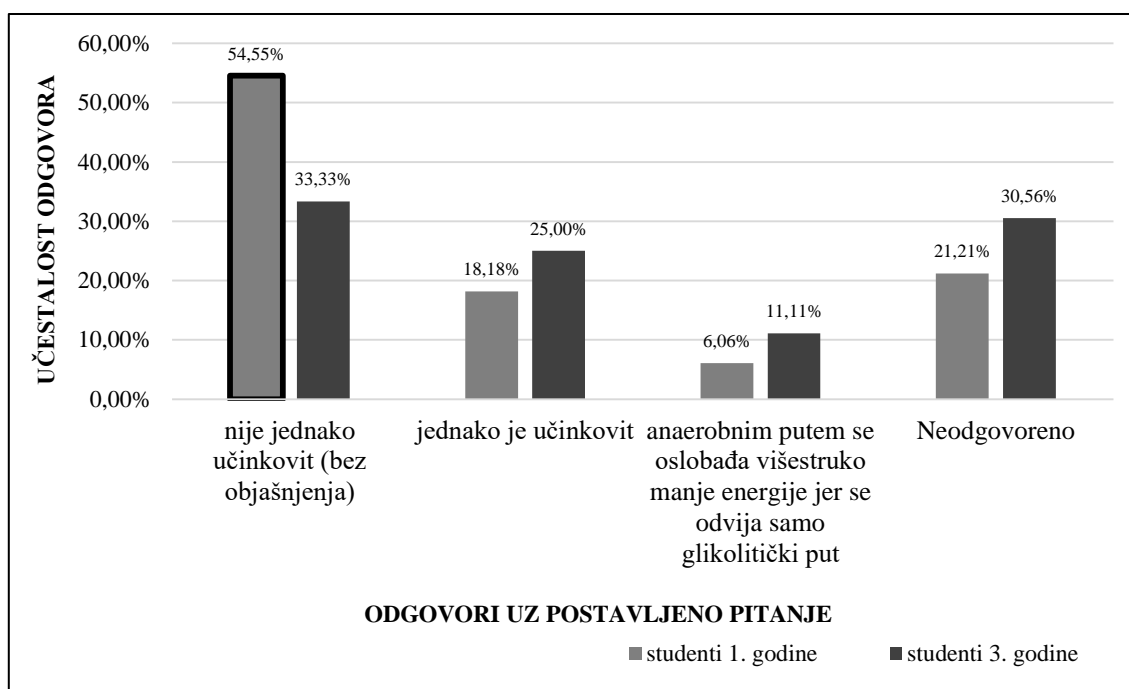
Slika 18. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 3. godine na 10.3. pitanje (točan odgovor je „*uvođenjem CO₂ u vodu nastaje H₂CO₃, koja je snizila pH vode, a gupiji žive u blago alkalnim vodama*“)

11.3. pitanje:

Na koji se način stanice korijenja poplavljenog kukuruza (*Zea mays*) opskrbljuju energijom kada su izložene hipoksičnim (smanjena koncentracija O₂) ili čak anoksičnim (potpuni nedostatak O₂) uvjetima? Je li taj način opskrbe energije jednako učinkovit, kao i onaj u uvjetima s dovoljno kisika?

Predloženi točan odgovor: U hipoksičnim ili čak anoksičnim uvjetima, korijenje biljaka energiju dobiva anaerobnim (glikolitičkim) putem pri čemu se oslobađa višestruko manje energije, u odnosu na aerobni put razgradnje hranjivih molekula (nastaje manje molekula ATP-a jer se ne odvijaju Krebsov ciklus i transportni lanac elektrona).

Studenti su 1. godine u potpitanju 11.3., unutar 11. pitanja, većinski odgovorili „*nije jednako učinkovit*“, no bez objašnjenja što je ujedno netočan odgovor utvrđen u svim klasama studenata 1. godine (slika 19). I studenti 3. godine većinski odgovaraju istim netočnim odgovorom. U usporedbi s 2 studenta 1. godine, s 4 su studenta 3. godine oni bili neznatno uspješniji u ovom pitanju ponuđenim točnom odgovorom. Također je i u ovom pitanju, kod studenata obje skupine, veliki broj onih, koji na pitanje nisu odgovorili. Pitanje je za 1. godinu procijenjeno kao teško ($p = 0,06$) i neprihvatljivo ($D = 0,12$), a jednaka je situacija i u pisanoj provjeri znanja provedenoj kod studenata 3. godine ($p = 0,11$, $D = 0,17$). Međutim, ovo je pitanje procjenom kvalitete pitanja ocijenjeno kao izvrsno pitanje ($KP = 4,75$) (tablica 9. i 10).



Slika 19. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 11.3. pitanje (točan je odgovor „anaerobnim putem se oslobađa višestruko manje energije jer se odvija samo glikolitički put“; crni obrub označava utvrđenu miskoncepciju u svim klasama studenata)

U 8. je pitanju alternativnog izbora uočen veliki broj netočnih odgovora, koji se pojavljuju u 5 od ukupno 6 klasa studenata, kako 1., tako i 3. godine studija. Iz toga je razloga i ono obuhvaćeno ovom zajedničkom analizom.

8. pitanje:

- 8.1. Biljka pohranjuje višak energije u obliku polisaharida – škroba, tijekom noći kada ne fotosintetizira. - NETOČNO
- 8.2. Izmjena plinova kod biljaka ne odvija se samo preko puči na listovima, već i preko puči na stabljici, kao i preko stanica korijena. - TOČNO
- 8.3. Biljke iz tla uzimaju hranu, vodu i mineralne tvari za uspješan rast i razvitak. - NETOČNO
- 8.4. Biljke neprestano koriste kisik za stanično disanje, poput heterotrofnih organizama. - TOČNO
- 8.5. Reakcije karakteristične za Calvinov ciklus nazivaju se još i "reakcije tame" jer se odvijaju samo tijekom noći, kada fotosintetski aparat ne prima svjetlosnu energiju Sunca. - NETOČNO

Na pitanje 8.1. točno odgovara više studenata 1. godine, u odnosu na studente 3. godine, kod kojih je ujedno netočan odgovor uočen u 5 od ukupno 6 klasa studenata (slika 20). Pitanje je procijenjeno kao idealno za testiranje kod obje skupine studenata ($p = 0,45$ kod studenata 1. godine i $p = 0,31$ kod studenata 3. godine), no njime se ne razlikuju dobro najbolji od najlošijih

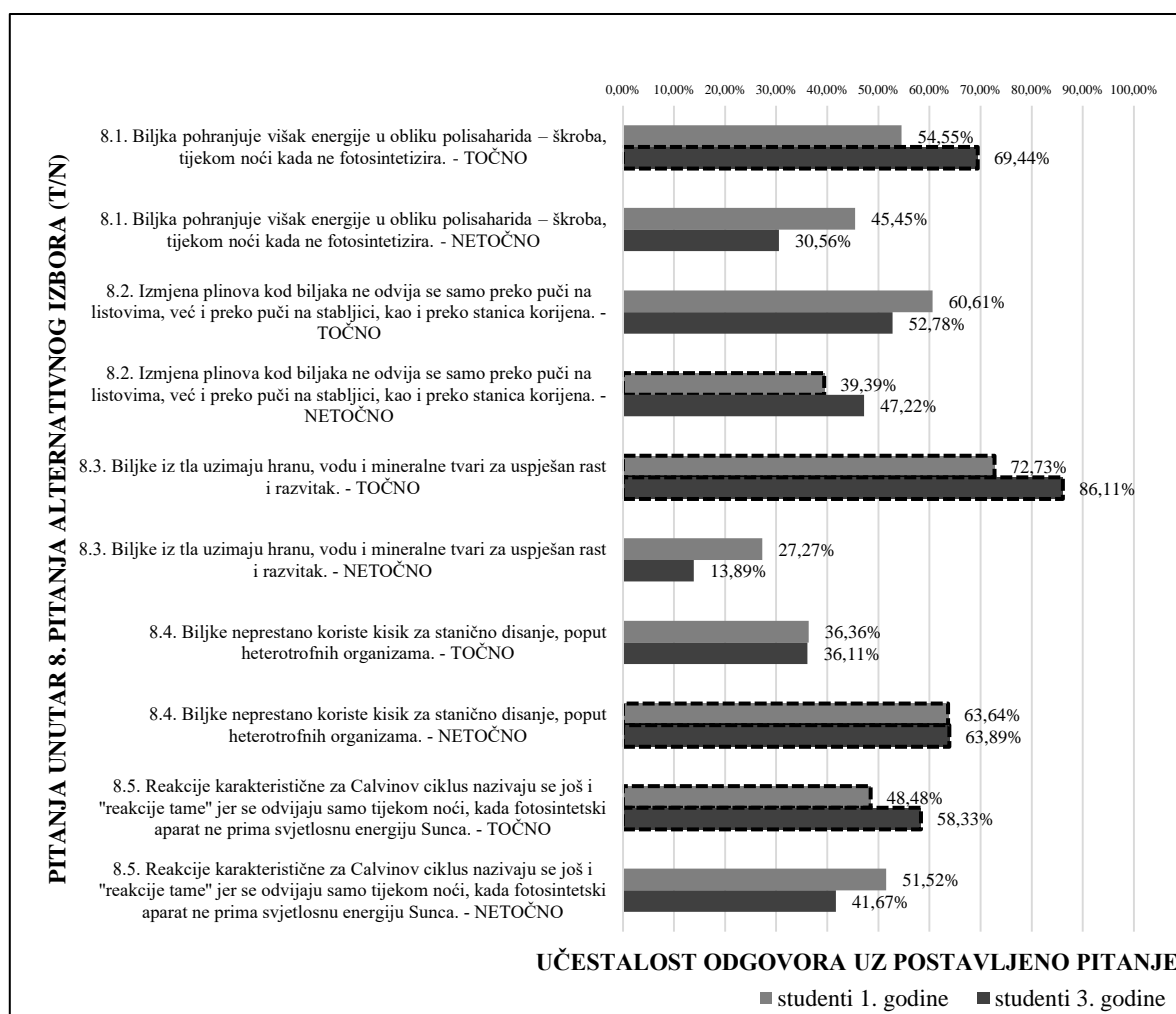
studenata ($D = 0,24$ kod studenata 1. godine i $D = 0,11$ kod studenata 3. godine). Ujedno, ovo je pitanje procijenjeno kao vrlo dobro ($KP = 4,41$).

Dok podjednaki broj studenata 3. godine smatra da je tvrdnja o položaju puči na biljci i točna i netočna u pitanju 8.2., studenti 1. godine većinski odgovaraju točno na navedeno pitanje, no netočan je odgovor kod ove skupine ispitanika uočen u 5 od ukupno 6 klasa studenata po uspješnosti. Pitanje je ocijenjeno kao idealno za testiranje i izvrsno za razlikovanje studenata 1. godine po znanju ($p = 0,61$; $D = 0,48$), a jednaka je situacija i kod studenata 3. godine ($p = 0,53$; $D = 0,39$). Pitanje je, prema procjeni kvalitete pitanja, ocijenjeno kao vrlo dobro ($KP = 4,25$).

Da biljke iz tla uzimaju, pored vode i minerala, također i hranu smatra 24 studenata 1. godine i njih još više s 3. godine studija - čak 31. Iako se pitanje formalno ne pojavljuje u svih 6 klasa, očito je da na njega točno odgovara izuzetno mali broj studenata s obje godine studija. Pitanje je teško, ali izvrsno razlikuje studente 1. godine po znanju ($p = 0,27$; $D = 0,48$), dok je ono procijenjeno još i težim za studente 3. godine te je ujedno neprihvatljivo za razlikovanje najboljih od najlošijih studenata ($p = 0,14$; $D = 0,11$). Unatoč tomu, pitanje je od strane 4 neovisna mjeritelja ocijenjeno kao izvrsno ($KP = 4,56$).

Studenti većinski netočno odgovaraju i na pitanje 8.4., pri čemu se većina ne slaže s time da i biljke neprestano koriste kisik za stanično disanje, kao i heterotrofni organizmi. Taj se netočan odgovor pojavljuje također u 5 od ukupno 6 klasa studenata te također otkriva postojanje problema u shvaćanju disanja na razini stanice. Prema indeksu lakoće, u obje je pisane provjere pitanje procijenjeno kao idealno za testiranje ($p = 0,36$), no prema indeksu diskriminativnosti je ono neprihvatljivo ($D = 0,06$ kod studenata 1. godine i $D = 0,17$ kod studenata 3. godine). I ovo je pitanje procijenjeno kao izvrsno ($KP = 4,53$) prema ispunjenim obrascima procjene kvalitete svakog pojedinog pitanja u provjeri.

Točan odgovor u 8.5. pitanju ponudio je veći broj studenata 1. godine, u odnosu na studente 3. godine, pokazujući razumijevanje Calvinova ciklusa i njegova odvijanja neovisno o svjetlosnim uvjetima. Ipak, netočan se odgovor i u ovom pitanju ne pojavljuje samo u 1 od ukupno 6 klasa studenata po uspješnosti. Pitanje je procijenjeno kao idealno za testiranje i izvrsno za razlikovanje studenata 1. po njihovom znanju ($p = 0,52$; $D = 0,42$), dok je kod studenata 3. godine također idealno za testiranje te prihvatljivo za razlikovanje studenata ($p = 0,44$; $D = 0,22$). Procjenom kvalitete pitanja, ono je ocijenjeno kao vrlo dobro pitanje ($KP = 4,28$) (tablica 9. i 10).



Slika 20. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 8. pitanje (crni isprekidani obrub označava utvrđeni netočan odgovor u 5 od ukupno 6 klasa studenata)

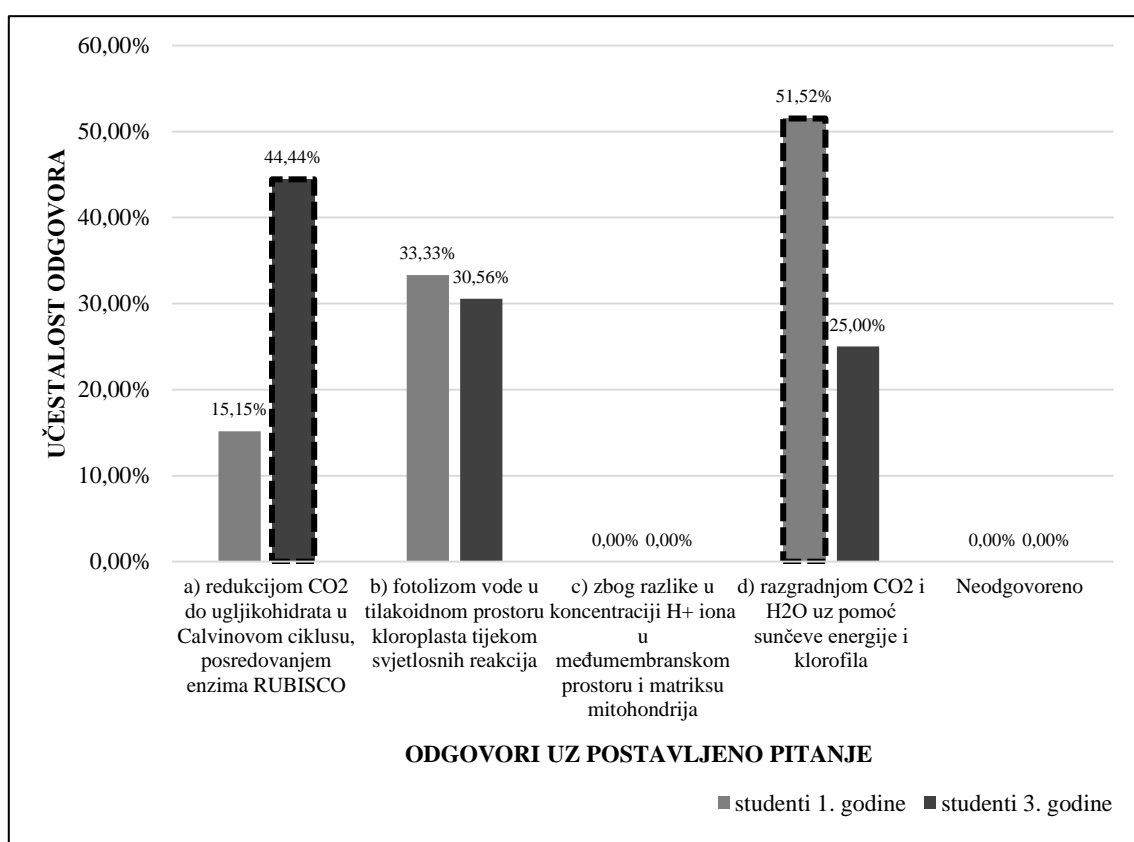
I konačno, među pitanjima unutar ove pisane provjere znanja ističe se još i 5. pitanje, koje ispituje fazu unutar koje se kisik oslobađa u procesu fotosinteze, a u kojemu je uočen veliki broj netočnih odgovora, koji se u obje skupine također pojavljuje u 5 od ukupno 6 klasa studenata pa iako ga, u skladu s prethodno definiranim kriterijem za utvrđivanjem miskoncepcija ne možemo svrstati u tu skupinu, ono svakako ukazuje na postojanje problema u razumijevanju.

5. pitanje:

Kisik oslobođen fotosintezom nastaje:

- redukcijom CO_2 do ugljikohidrata u Calvinovom ciklusu, posredovanjem enzima RUBISCO
- fotolizom vode u tilakoidnom prostoru kloroplasta tijekom svjetlosnih reakcija
- zbog razlike u koncentraciji H^+ iona u međumembranskom prostoru i matriksu mitohondrija
- razgradnjom CO_2 i H_2O uz pomoć sunčeve energije i klorofila

Dakle, obje skupine studenata većinski odgovaraju netočno – tako najviše studenata 1. godine bira odgovor „d) razgradnjom CO_2 i H_2O uz pomoć sunčeve energije i klorofila“, a studenti 3. godine „a) redukcijom CO_2 do ugljikohidrata u Calvinovom ciklusu, posredovanjem enzima RUBISCO“ (slika 21). Točno na ovo pitanje odgovara 11 studenata 1. i 3. godine. Ono je za pisanu provjeru znanja provedenu među studentima 1. godine procijenjeno kao pitanje idealno za testiranje ($p = 0,33$), a prema indeksu diskriminativnosti je procijenjeno kao izvrsno ($D = 0,42$). Pitanje je ovo idealno za testiranje i kod studenata 3. godine, no neprihvatljivo je u razlikovanju najboljih od najlošijih studenata ($D = 0,22$). Unatoč tomu, procjenom kvalitete pitanja ovo je pitanje vrlo dobro ($KP = 4,28$) (tablica 9. i 10).

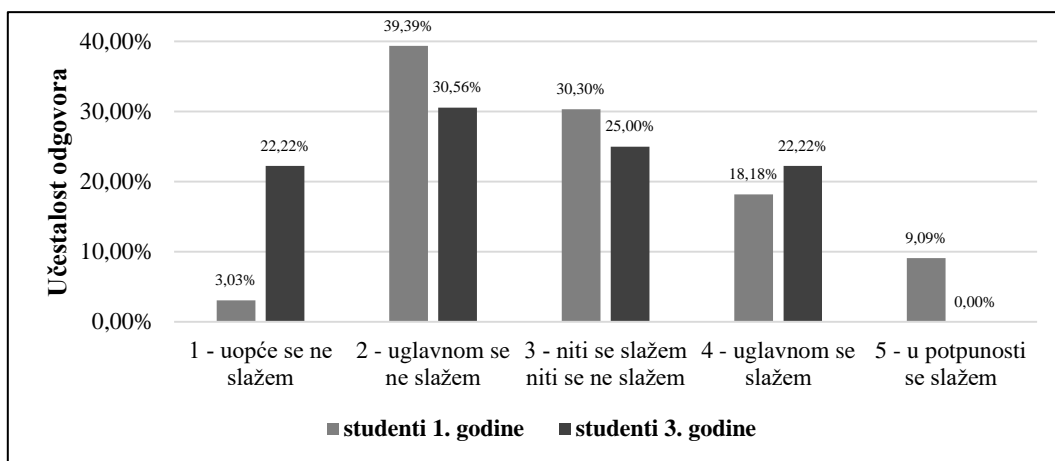


Slika 21. Učestalost pojedinog odgovora kod studenata 1. i 3. godine na 5. pitanje (točan odgovor je b), crni isprekidani obrub označava utvrđeni netočan odgovor u 5 od ukupno 6 klasa studenata)

3.4. Analiza ankete o navikama učenja kod studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije

Analizom ankete, provedene među studentima 1. i 3. godine neposredno nakon rješavanja pisane provjere znanja, obuhvaćeni su odgovori na odabrane tvrdnje, s ciljem otkrivanja njihovih navika u procesu učenja, odnosno pripremanja za ispite iz pojedinih kolegija te bi, u skladu s navedenim, njezini rezultati trebali biti korisni u objašnjavanju ostvarenih rezultata u pisanoj provjeri znanja. Pri tome treba imati na umu izraženu subjektivnost ankete, kao instrumenta za prikupljanje podataka. Dakle, analizom je ankete uspoređena učestalost pojedinog odgovora, u skladu s Likertovom skalom slaganja s pojedinom tvrdnjom, kod dvije skupine studenata pri čemu su odgovori na pojedine tvrdnje prikazani grafički, usporedno za studente 1. i 3. godine studija.

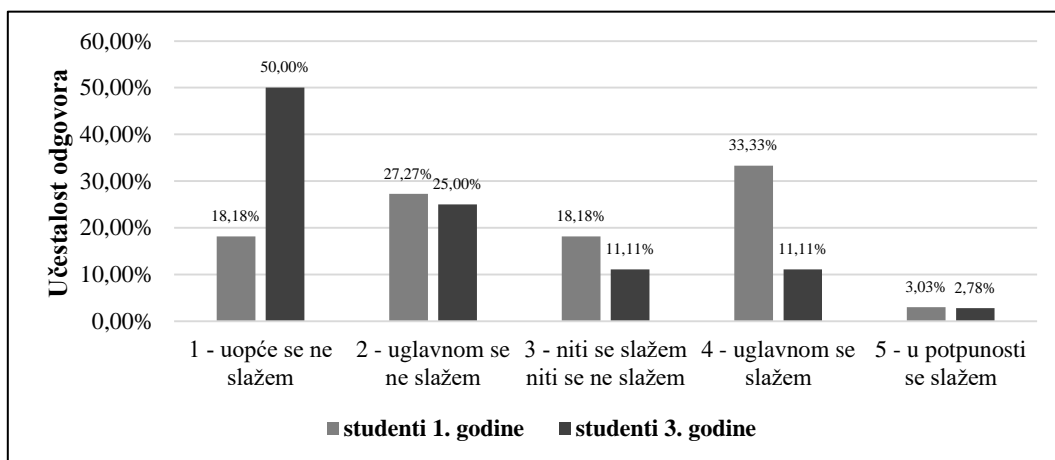
Iz prve je tvrdnje u anketi vidljivo da najveći broj studenata 1. godine uglavnom ne uči redovno, pripremajući se za ispit dulji vremenski period, a odmah ih slijede oni koji se sa tvrdnjom uopće ne slažu. Manji se broj studenata 1. godine uglavnom ili u potpunosti slaže s idejom redovnog učenja. I studenti 3. godine se u najvećoj mjeri odlučuju za većinski odgovor svojih mlađih kolega, a ujedno se jednaki broj uopće ne slaže ili uglavnom slaže s navedenom tvrdnjom, no nitko od studenata 3. godine ne pokazuje potpuno slaganje s prakticiranjem redovnog učenja (slika 22).



Slika 22. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Učim redovno pripremajući se za ispit dulji vremenski period (puno prije ispita).*“

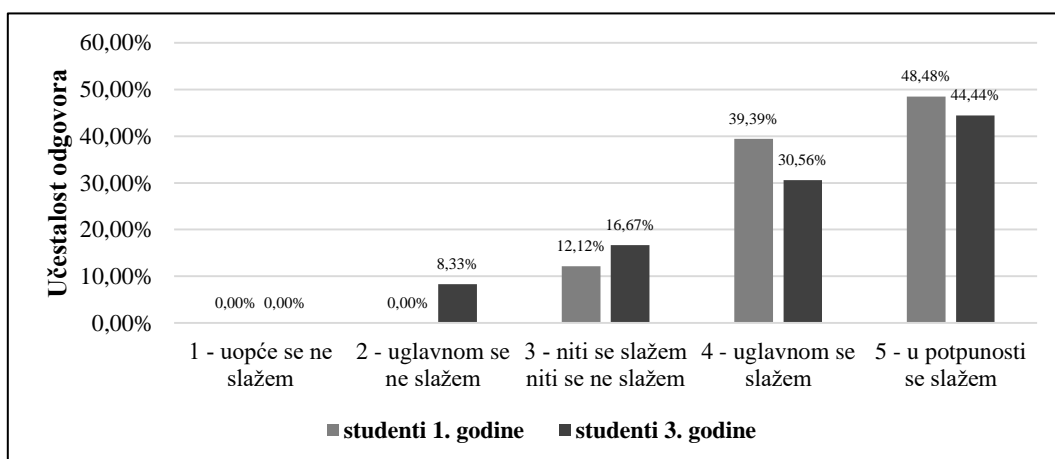
Pri nerazumijevanju pojedinih dijelova nastavnog gradiva, obje se skupine studenata ne slažu u potpunosti s redovnim odlaskom na konzultacije kod profesora i drugih suradnika na

kolegijima. Ipak se studenti 1. godine u najvećoj mjeri uglavnom slažu s time, dok čak polovica studenata 3. godine pokazuje potpuno neslaganje s idejom odlaska na konzultacije (slika 23).



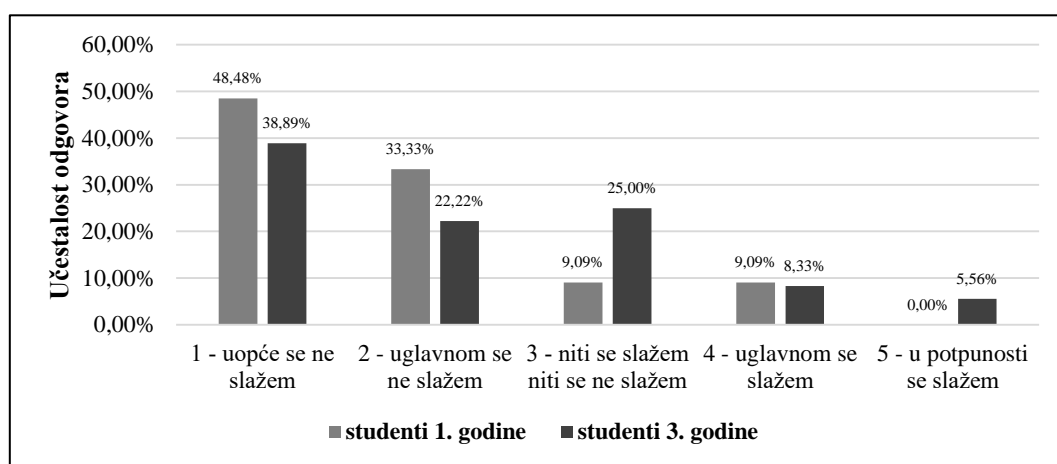
Slika 23. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, odlazim po pomoć na konzultacije kod profesora i / ili asistenta.“

Odgovore na ovu tvrdnju interesantno je usporediti s odgovorima na tvrdnju „Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, tražim pomoć od ostalih kolega, koji to razumiju.“ gdje najveći broj studenata i 1. i 3. godine pokazuje potpuno slaganje s navedenom tvrdnjom te radije bira pomoć svojih kolega, u odnosu na pomoć nastavnika i asistenata, a tek se manji broj studenata 3. godine uglavnom s time ne slaže (slika 24).



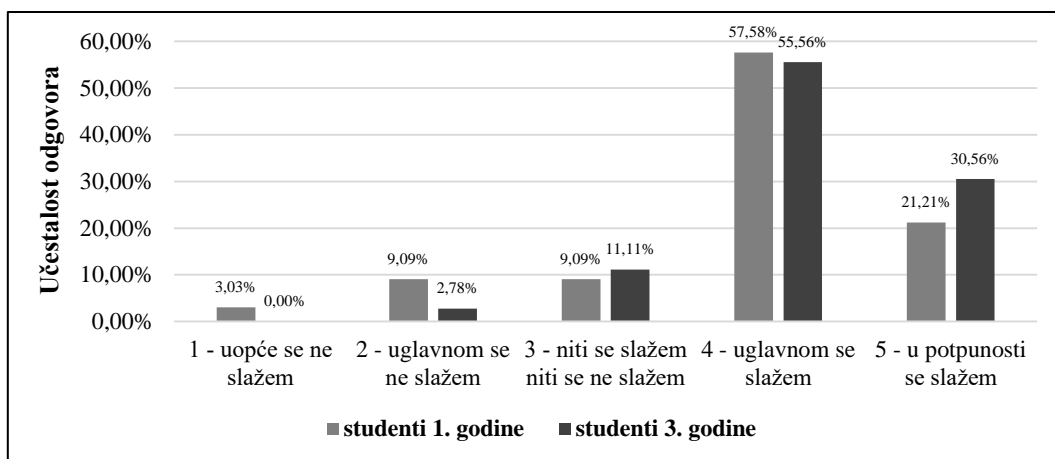
Slika 24. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, tražim pomoć od ostalih kolega, koji to razumiju.“

Nadalje, najveći se broj studenata i 1. i 3. godine uopće ili uglavnom ne slaže s konstatacijom čestog učenja napamet i bez dubljega razumijevanja, što osigurava uspješno polaganje ispita. Također, još se uvijek veliki broj studenata 3. godine niti slaže niti ne slaže s navedenim, a gotovo ih se podjednaki, manji broj uglavnom slaže s navedenom tvrdnjom, dok se tek vrlo mali broj studenata 3. godine u potpunosti slaže s idejom učenja napamet (slika 25).

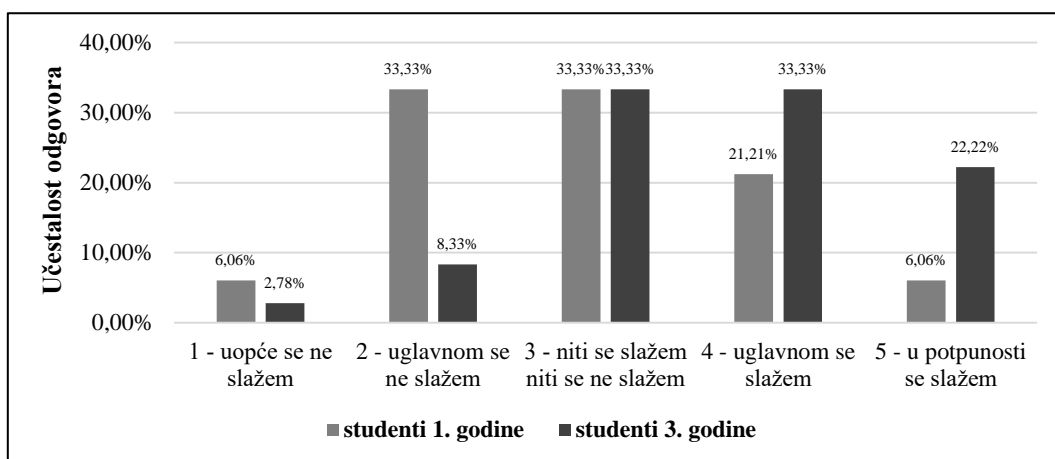


Slika 25. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „Često učim napamet, bez dubljeg razumijevanja, te je to dovoljno za uspješno polaganje ispita.“

Još uvijek se najveći broj studenata i 1. i 3. godine uglavnom ili u potpunosti slaže s čestim korištenjem prezentacija, korištenih tijekom nastave na studiju, za učenje, odnosno savladavanje nastavnog gradiva. Međutim, manji se broj studenata 1. godine uglavnom ili uopće ne slaže s tom idejom u odnosu na studenta 3. godine, čiji vrlo mali broj bira taj odgovor (slika 26). Usporedno s prethodnim odgovorom, zanimljivo je da se mali broj studenata 1. godine slaže s tvrdnjom o učenju samo onih dijelova, koji su obrađeni na nastavi, ne proširujući znanje s dodatnim informacijama i najnovijim znanstvenim saznanjima, pri čemu je jednaki broj onih neodlučnih i onih koji se uglavnom ne slažu s tom tvrdnjom. Jednaki je broj neodlučnih studenata i na 3. godini studija, glede učenja isključivo nastavnog gradiva obrađenog tijekom nastave na studiju, no oni većinski pokazuju znatno veće slaganje s navedenim u odnosu na studente 1. godine (slika 27).



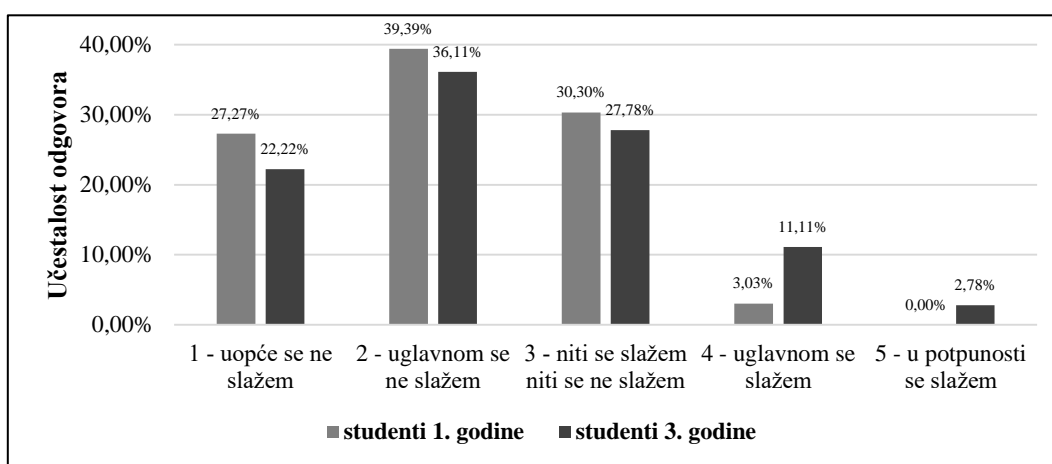
Slika 26. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Za učenje koristim često ili isključivo prezentacije korištene na predavanjima.*“



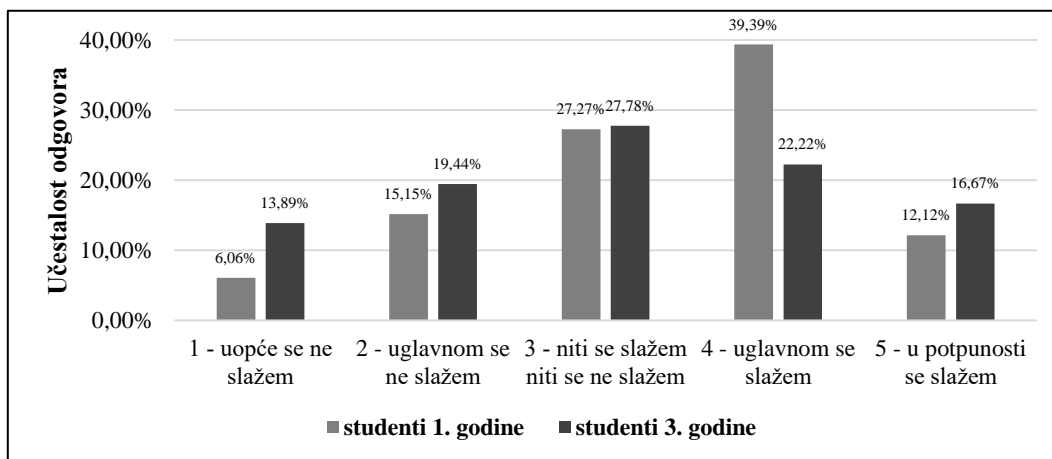
Slika 27. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Učim samo one dijelove gradiva, koji su obrađeni na nastavi, ne proširujući svoje znanje dodatnim informacijama i najnovijim saznanjima iz znanosti.*“

S učenjem na predavanjima, dovoljnim za djelomično savladavanje nastavnog gradiva, pri čemu im preostaje više slobodnog vremena za vlastite interese, slaže se mali broj studenata 1. i 3. godine, odnosno većina ih se uglavnom ne slaže s navedenom tvrdnjom, a slijede ih oni koji se s tvrdnjom uopće ne slažu ili su pak glede svoga slaganja s tvrdnjom neodlučni. Ipak, s tvrdnjom se uglavnom ili u potpunosti slaže manji dio studenata 3. godine, usporedno s vrlo malim brojem studenata 1. godine koji se s tvrdnjom uglavnom slažu (slika 28). Razmatraju li se ovi odgovori nastavno na odgovore na tvrdnju „*Na vježbama i seminarima mogu mnogo naučiti te ovladati pojedinim vještinama, koje ne mogu ostvariti na predavanjima.*“, može se uočiti da većina studenata 1. godine prednost u savladavanju nastavnog gradiva daje vježbama

i nastavi organiziranoj kroz seminare, te da ih je u ukupnom postotku više u odnosu na studente 3. godine, koji biraju iste odgovore. Naime, studenti 3. godine većinski ne pokazuju niti slaganje niti neslaganje s navedenom tvrdnjom, a prate ih oni koji se uglavnom slažu ili uglavnom ne slažu s istom pri čemu se veći broj studenata 3. godine uopće ne slaže s mogućnošću učenja i savladavanja vještina na vježbama i seminarima, u usporedbi sa studentima 1. godine (slika 29).



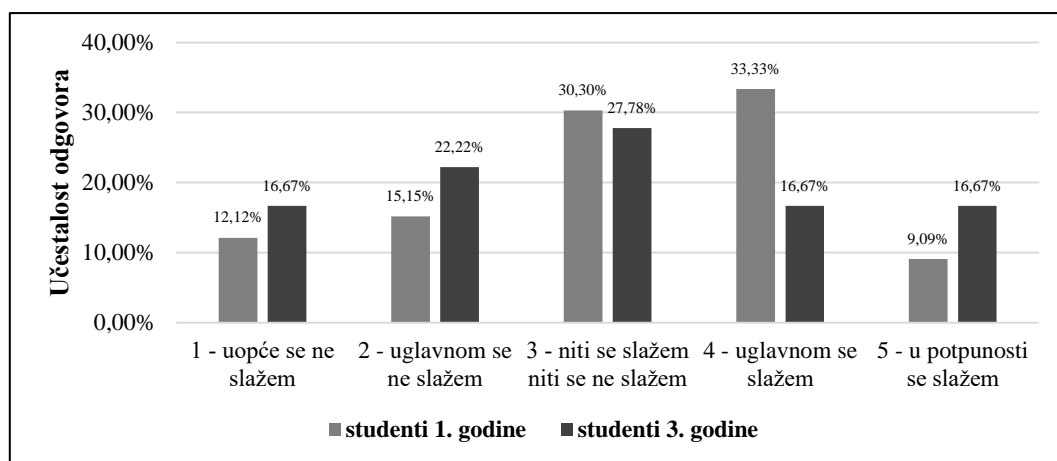
Slika 28. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Tijekom predavanja mogu dovoljno naučiti pri čemu mi preostaje više slobodnog vremena za vlastite interese.*“



Slika 29. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Na vježbama i seminarima mogu mnogo naučiti te ovladati pojedinim vještinama, koje ne mogu ostvariti na predavanjima.*“

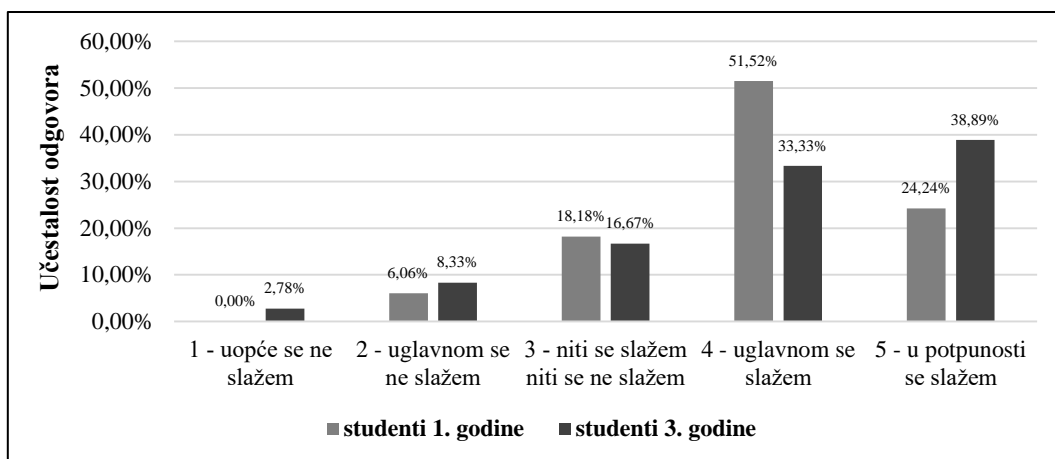
Da je praktikumska nastava izvrsno organizirana te da ona pruža mogućnost neposrednog kontakta s biološkim materijalima, što u konačnici doprinosi učenju i boljem

razumijevanju nastavnog gradiva, uglavnom se slaže većina studenata 1. godine, kojih je podjednaki broj neodlučnih glede navedene tvrdnje, što nije slučaj sa studentima 3. godine, koji većinski ne pokazuju niti slaganje niti neslaganje s navedenim, a prate ih oni koji se uglavnom ili uopće ne slažu (slika 30).



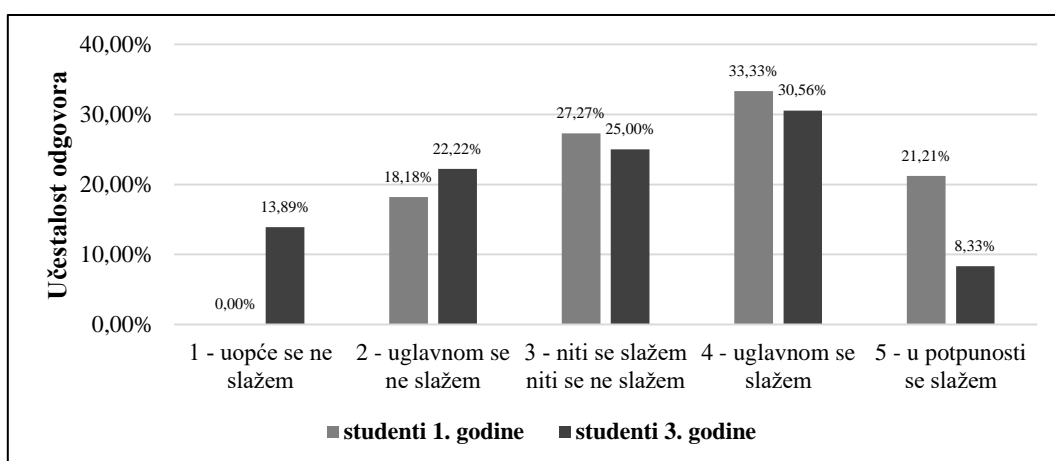
Slika 30. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Praktikumska nastava je izvrsno organizirana te mi pruža mogućnost neposrednog kontakta s različitim biološkim materijalima, što u konačnici doprinosi mome učenju i boljem razumijevanju nastavnog gradiva.*“

Više od polovice studenata 1. godine uglavnom se slaže s tvrdnjom povezivanja novih znanja s prethodnima, stečenim iz već položenih kolegija, a slijede ih oni, koji se s navedenim u potpunosti slažu. I studenti 3. godine većinski se u potpunosti ili uglavnom slažu s navedenom tvrdnjom, a manji ih se broj, iz obje skupine, s tvrdnjom uglavnom ne slaže, dok se vrlo mali broj studenata 3. godine uopće ne slaže s povezivanjem novih saznanja s već postojećim (slika 31).



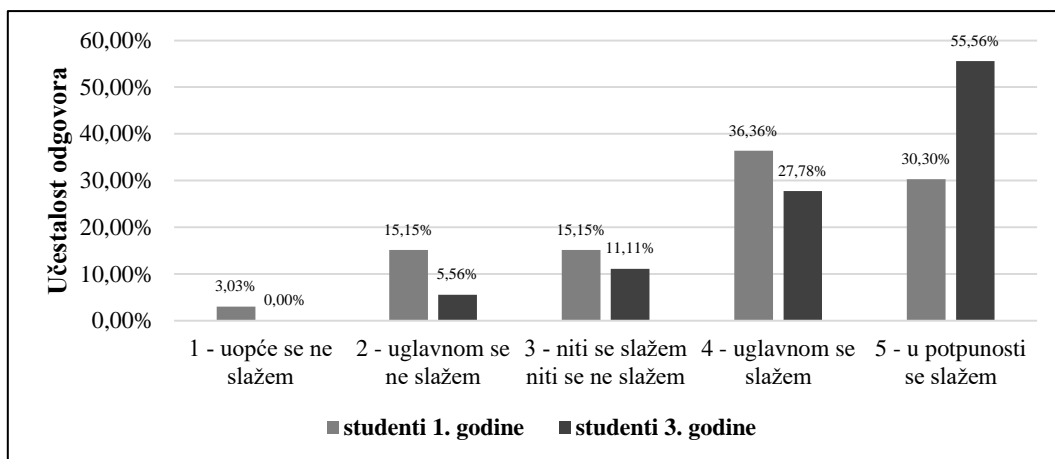
Slika 31. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Tijekom učenja, nastojim povezati nova znanja s prethodno stečenim znanjima iz već položenih kolegija.*“

Iz grafičkog prikaza učestalosti odgovora na tvrdnju „*Tijekom učenja te prije polaganja ispita, nastojim utvrditi svoje znanje rješavanjem problema, odnosno rješavanjem dostupnih problemskih zadataka.*“ (slika 32). Može se uočiti da se većina studenata 1. i 3. godine uglavnom slaže s navedenom tvrdnjom, a veći je broj studenata 3. godine, koji se s rješavanjem problemskih zadataka tijekom učenja i prije polaganja ispita, uglavnom ili uopće ne slažu, u usporedbi sa studentima 1. godine, kod kojih je, kao i kod studenata 3. godine, veliki broj onih neodlučnih.



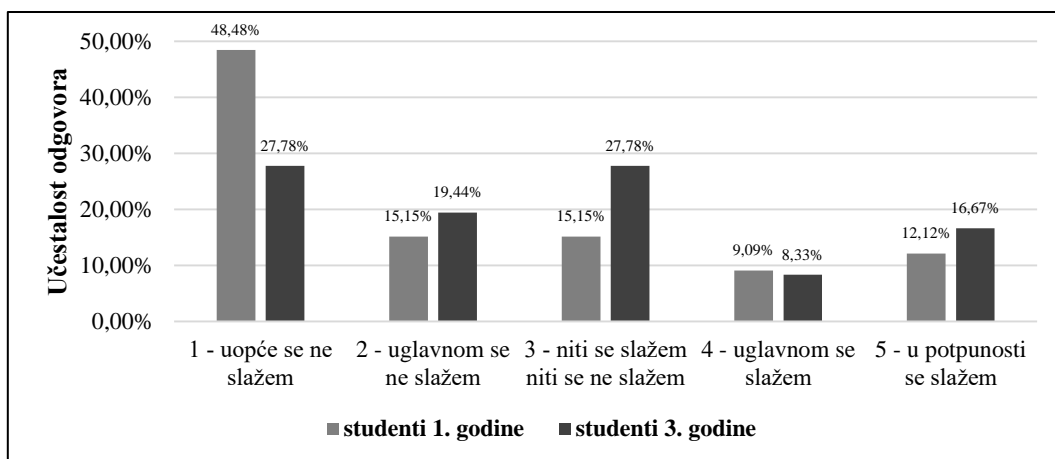
Slika 32. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „*Tijekom učenja te prije polaganja ispita, nastojim utvrditi svoje znanje rješavanjem problema, odnosno rješavanjem dostupnih problemskih zadataka.*“

Svoje učenje profilu nastavnika prilagođuju većinski i studenti 1. i studenti 3. godine, pri čemu je znatno više studenata 3. godine, koji se u potpunosti slažu s navedenim, u usporedbi s njihovim mlađim kolegama, koji se većinski s tvrdnjom uglavnom slažu, a slijede ih oni neodlučni i oni koji se s tvrdnjom uglavnom ne slažu (slika 33).



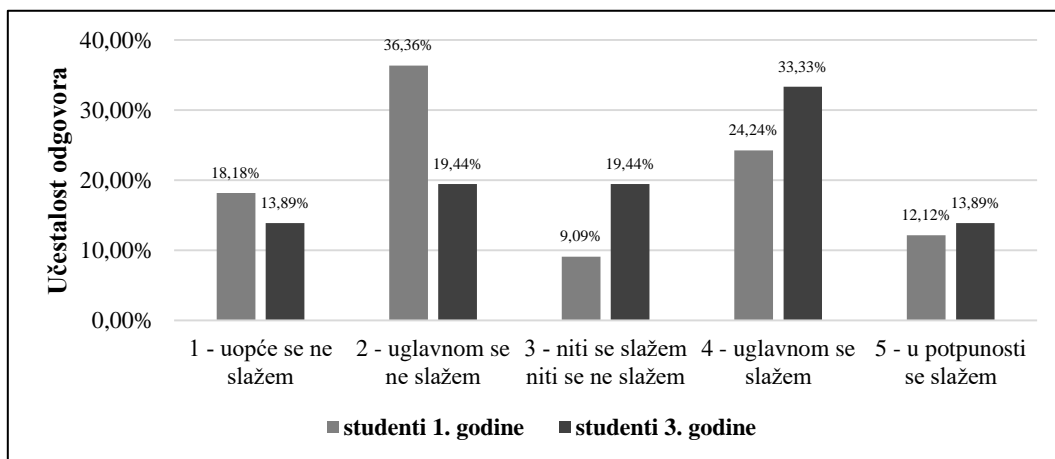
Slika 33. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „Svoje učenje prilagođavam profilu nastavnika – ukoliko je nastavnik vrlo zahtijevan, tada više vremena uložim u učenje i razumijevanje nastavnog gradiva (i obratno).“

Mali je broj studenata 1. i 3. godine, koji se slažu s konstatacijom, da rado uče botaničke kolegije, pri čemu se s navedenom tvrdnjom u potpunosti slaže ipak nešto veći broj studenata 3. godine. Naime, većina se studenata 1. godine uopće ne slaže s tom tvrdnjom, a više ih je i u usporedbi s brojem studenata 3. godine, koji biraju taj odgovor, a koji su većinski i podjednako uopće ne slažu, odnosno niti slažu niti ne slažu s time da kolegije iz botanike rado uče (slika 34).



Slika 34. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „Rado učim botaničke kolegije.“

Neovisno o prethodnom odgovoru, većina studenata 3. godine se ipak uglavnom slaže s time da nastavno gradivo iz botaničkih kolegija jednako uspješno usvaja (slika 35.), kao i svako drugo, a slijede ih oni, koji se s tvrdnjom uglavnom ne slažu ili se niti slažu niti ne slažu. Za razliku od njih, većina se studenata 1. godine uglavnom ili uopće ne slaže s time, dok ih se trećina uglavnom ili u potpunosti slaže s tom tvrdnjom, a svakako ih je manje u usporedbi sa studentima 3. godine, koji biraju navedene odgovore.



Slika 35. Usporedba učestalosti odgovora studenata 1. i 3. godine na tvrdnju „Nastavno gradivo iz botaničkih kolegija jednako uspješno usvajam, kao i ono iz drugih kolegija.“

4. RASPRAVA

U provedenom istraživanju, potvrđeno je da između studenata 1. i 3. godine ne postoji statistički značajna razlika u ukupnom uspjehu, odnosno studenti 3. godine ostvarili su neznatno bolji ukupni uspjeh u rješavanju ove pisane provjere znanja u odnosu na studente 1. godine, unatoč mogućnosti da svoje znanje studiranjem prošire i nadograde do razine konceptualnog razumijevanja. Pored navedenoga, studenti su 3. godine bili uspješniji samo u rješavanju pitanja 2. razine, dok su obje skupine studenata bile podjednako uspješne u rješavanju pitanja 1. i 3. razine znanja. Također, utvrđene su i pojedine miskoncepcije u razumijevanju koncepata fotosinteze i, s njom povezanog, staničnog disanja. Nužno je napomenuti da su miskoncepcije zastupljene uglavnom kod studenata 1. godine, manji dio i kod studenata 3. godine, dok su u obje skupine studenata identificirani problemi u razumijevanju navedenih koncepata.

Studentima je prije pristupanja pisanoj provjeri znanja bilo naglašeno da se pisana provjera znanja neće vrednovati ocjenom te da se uspjeh neće odraziti na uspješnost u polaganju pojedinih kolegija u budućnosti. U skladu s navedenim, kao i činjenicom da je istraživanje provedeno na kraju ljetnog semestra akademske godine 2017./2018., kada su i sami studenti bili okupirani nadolazećim obvezama na terenskoj nastavi te ispitnim rokovima, valja imati na umu da su na rezultate pisane provjere znanja mogli utjecati njihova nezainteresiranost i nedovoljna motiviranost za rješavanje zadataka. Da je motiviranost, uz još nekoliko čimbenika, ključna za uspjeh na provjeri znanja, odnosno da nemotiviranost može imati negativan utjecaj na postignuća u rješavanju različitih testova, potvrđeno je i ranijim istraživanjima (Lord, 1999; Linnenbrink i Pintrich, 2002). Takvu je nemotiviranost studenata za odgovaranje na pojedina pitanja moguće uvidjeti u onim pitanjima, u kojima je utvrđen visok postotak neodgovaranja (10.2., 10.3., 11.3.), koja pripadaju skupini problemskih zadataka i u kojima je bilo ključno napisati kratki, ali sveobuhvatni odgovor.

Studenti 1. godine su se za ispit državne mature iz predmeta Biologija, u školskoj godini 2016./2017., pripremali na osnovu Ispitnog kataloga propisanog za navedeni predmet (NCVVO, 2016) te odslušali, a dijelom i položili kolegije na 1. godini studija – Biologija stanice i Anatomija biljaka (OBOS, 2015). Analizirajući oba dokumenta, vidljivo je da su koncepti fotosinteze i staničnog disanja prilično zastupljeni kroz ključne, u dokumentima jasno definirane ishode, a koji su ujedno obuhvaćeni i ovim istraživanjem. Dakle, uz srednjoškolsko obrazovanje, pripreme za ispit državne mature i njegovo uspješno polaganje, kao i polaganje kolegija s 1. godine studija, studenti su 3. godine odslušali i položili niz ostalih kolegija tijekom

2. i 3. godine studija, poput: Biokemija 2, Fiziologija bilja 1 i Fotosinteza, koji je svrstan u skupinu izbornih kolegija te ga je u ovoj akademskoj godini upisalo 11 studenata, no uzima se u ovo razmatranje, obzirom su i ti studenti bili dio ispitivanog uzorka. Uzimajući u obzir ukupan broj pitanja (i potpitanja u problemskim zadacima), prema Crooksovoj (1988) taksonomiji razina postignuća, 50 % je pitanja 3. razine, 33 % pitanja je 1. razine, a 17 % je 2. razine. Nastavno na prethodno navedeno veće iskustvo studenata 3. godine u studiranju, kao i mogućnosti za stjecanjem šireg znanja vezanog uz ispitivane koncepte, oni su bili statistički značajno uspješniji samo u rješavanju pitanja 2. razine, dok statistički značajne razlike u rješavanju pitanja 1. i 3. razine nisu utvrđene. Upravo bi uspješnost u rješavanju pitanja 3. razine trebala biti odlika studenata 3. godine, no rezultati ovog istraživanja na to ne ukazuju. Pojedina su pitanja, analizom prikazanom u tablici 9. i 10. za pisane provjere znanja provedene među studentima 1. i 3. godine, ocijenjena kao teška ili lagana u skladu s izračunatim indeksom lakoće (p), odnosno kao neprihvatljiva sukladno indeksu diskriminativnosti (D), a navedena bi pitanja u sljedećim konstrukcijama pisane provjere znanja trebalo izmijeniti ili u potpunosti izbaciti (Haladyna, 2002; Petz, 2004). Unatoč tomu što je kvaliteta pitanja procijenjena i od strane četiri neovisna mjeritelja te su sva ocijenjena kao vrlo dobra ili izvrsna, uistinu bi pojedina pitanja trebala preformulirati i doraditi, ukoliko bi se koristila u budućnosti u sličnim provjerama znanja.

Analiza odgovora na pojedina pitanja otkrila je postojanje nekih miskoncepcija ili još uvijek postojećih problema u razumijevanju istraživanih koncepata, kako kod studenata 1. godine, tako i kod njihovih starijih kolega, kod kojih su se još uvijek neke od njih zadržale. Studenti 1. godine većinski smatraju da je rast biljke rezultat primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla, što je ujedno jedna od utvrđenih miskoncepcija kod te skupine studenata. Iz rezultata našeg istraživanja, može se uočiti da studenti 3. godine većinski točno povezuju rast biljke s proizvodnjom ugljikohidrata procesom fotosinteze, iako još uvijek veliki dio njih bira netočan odgovor. Miskoncepcija vezana uz doprinos vode povećanju biljne mase tijekom uzgoja utvrđena je i ranije. Da voda s mineralima doprinosi biljnoj masi miskoncepcija je utvrđena i u istraživanju Parkera i sur. (2012), a prema Özay i Öztaş (2003), još uvijek većina učenika srednje škole zadržava navedenu miskoncepciju. Osim što se ovdje voda pogrešno povezuje s rastom biljke i povećanjem biljne mase, u distraktoru je navedeno i primanje hranjivih tvari, što otkriva njihovo pogrešno povezivanje hrane s mineralima iz tla, koji doprinose rastu i funkciji, ali ne mogu biti izvor energije za potrebe biljnog organizma, što predstavljaju isključivo ugljikohidrati nastali redukcijom ugljikovog dioksida tijekom procesa fotosinteze. Takvo pogrešno povezivanje biljnih nutrijenata iz tla s hranjivim molekulama, iz

kojih se oslobađa energija, evidentirano je u dosadašnjim istraživanjima (Canal, 1999). Jednim takvim istraživanjem u Hrvatskoj među učenicima osnovnih i srednjih škola između 2007. i 2010. godine, utvrđene su slične miskoncepcije, ali uglavnom među učenicima osnovnih škola, dok se one u višim razredima srednje škole više nisu mogle identificirati (Lukša i sur., 2013), ukazujući na njihovo ispravljanje i zamjenu ispravnim konceptima. Većinsko slaganje studenata 1. i 3. godine s netočnom tvrdnjom iz pitanja 8.3. „*Biljke iz tla uzimaju hranu, vodu i mineralne tvari*“ potvrđuju njihovo pogrešno razumijevanje iskorištavanja hranjivih tvari iz tla za energetske potrebe biljke.

Studenti 3. godine otkrivaju svoje nepotpuno razumijevanje osiguravanja stanica korijena energijom, koje nisu izložene svjetlosnom zračenju, stoga nisu u stanju fotosintetizirati i samostalno stvarati energijom bogate spojeve. Tako je kod njih utvrđena miskoncepcija kroz biranje netočnog odgovora, kojim objašnjavaju proizvodnju ATP-a u stanicama korijena procesom staničnog disanja, koristeći hranjive tvari iz supstrata. Prema Parker i sur. (2012), jedna od ranije utvrđenih miskoncepcija je i ona kojom se ATP povezuje s konačnim produktom fotosinteze, a koji se transportira biljkom do onih dijelova kojima je potreban. Također, saznanja iz toga istraživanja ukazuju na studentsko pogrešno shvaćanje, kojim hranjive tvari iz tla smatraju izvorom molekula ATP-a. Sukladno tomu, ovim je pitanjem u našem istraživanju, između ostalog, bio cilj provjeriti razumiju li studenti potrebu svih biljnih stanica za energijom, jedinstvenu kod svih živih organizama, u vidu staničnog rada, koju mogu dobiti isključivo razgradnjom organskih spojeva nastalih fotosintezom, na razini stanice koristeći kisik. Naime, utvrđivanje miskoncepcija u razumijevanju ovih koncepata među australskim ispitanicima rezultiralo je saznanjem o pogrešnom shvaćanju, da se stanično disanje odvija isključivo u stanicama korijena (Haslam i Treagust, 1987), a ne i drugim biljnim dijelovima, primjerice listovima u kojima se isključivo odvija proces fotosinteze. Na ovo pitanje studenti 1. godine većinski točno zaključuju, da se nastali ugljikohidrati transportiraju iz listova, gdje fotosintezom nastaju, do svih drugih biljnih dijelova floemom pa tako i do stanica korijena. Unatoč tomu, još uvijek veliki broj studenata 1. i 3. godine smatra da se transportira molekula ATP-a, izvor energije za stanični rad, što je potpuno netočno uzimajući u obzir njezinu nestabilnost i podložnost brzom hidrolizi, kao i činjenicu, da molekule ATP-a nastaju isključivo kao rezultat potpune, oksidativne razgradnje hranjivih molekula (ugljikohidrata), prilikom oslobađanja energije sadržane u tim molekulama tijekom procesa staničnog disanja.

Nedovoljno razumijevanje procesa nastanka ATP-a, studenti 3. godine iskazuju i u pitanju, u kojemu je trebalo povezati navedenu molekulu s jednim od ponuđenih opisa. Tako oni većinski ATP povezuju s molekulom iz koje se oslobađa energija pri razgradnji energetskih

molekula kod životinja, a navedeno je ujedno okarakterizirano kao miskoncepcija te skupine studenata. Naime, pri staničnom disanju, odnosno razgradnji bioloških molekula (ugljikohidrati, masti i proteini) kod životinja i biljaka, oslobađa se energija, koja se potom pohranjuje u visokoenergetske veze molekule ATP-a, čijim se cijepanjem ona može osloboditi i iskoristiti za različite procese, često sintetske u samoj stanici (Pevalek-Kozlina, 2003; Berg i sur., 2013). Dakle, energija se iz molekule ATP-a ne oslobađa tijekom oksidativne razgradnje spomenutih energetske molekula, već se ona oslobađa iz samih energetske molekula pri njihovoj razgradnji te u konačnici se dio te energije pohranjuje u obliku ATP-a, a dio se oslobađa u obliku toplinske energije.

Nerazlikovanje staničnog organela kloroplasta od zelenog pigmenta klorofila ključnog u apsorpciji sunčeve svjetlosti ocijenjeno je kao miskoncepcija studenata 1. godine kroz povezivanje fotosintetskih reakcija ovisnih o svjetlosti s fotooksidacijom kloroplasta, staničnog organela, pri čemu se odvija prijelaz elektrona u višu energetske razinu. Za navedeni se netočan odgovor odlučuje i veliki broj studenata 3. godine, što sugerira još uvijek postojanje problema nerazlikovanju organela od pigmenta klorofila *a*, čija je molekula dio reakcijskog središta, koja se oksidira apsorbirajući svjetlosno zračenje (Pevalek-Kozlina, 2003). Također, još se uvijek veliki broj studenata 3. godine odlučuje za odgovor „*stvaranje kemijske energije ugljikohidrata iz ugljikovog dioksida, vode i sunčeve energije*“ u ovom pitanju, što je u suprotnosti s činjenicom da se energija ne može stvarati niti uništavati, već isključivo transformirati iz jednog oblika u drugi što se tijekom svjetlosnih reakcija fotosinteze očituje kroz transformaciju Sunčeve energije u kemijsku energiju pohranjenu u vezama spojeva NADPH i ATP. Takvo nepovezivanje transformacije svjetlosne u kemijsku energiju tijekom reakcija ovisnih o svjetlosti s reakcijama neovisnih o svjetlosti (Calvinovim ciklusom), preko molekula NADPH i ATP, koji predstavljaju izvor energije za redukciju ugljikovog dioksida do ugljikohidrata, utvrđena je i ranijim istraživanjem prema Hazel i Proser (1994). Da studenti 1. godine većinski uistinu miješaju pojmove kloroplast i klorofil, potvrđuje i analiza rezultata pitanja 9.1., gdje još uvijek veliki broj studenata na pogrešan način povezuje koncentriranje aerobnih bakterija oko onih dijelova nitaste alge osvjetljenih dijelovima spektra, koji se poklapaju s apsorpcijskim spektrom kloroplasta, staničnog organela biljnih stanica unutar kojih je smješten klorofil.

Nepotpuno razumijevanje uloge kisika u procesu staničnog disanja utvrđeno je i ranijim istraživanjima (Lukša i sur., 2013), u kojima je evidentno da učenici i studenti ne razumiju iz kojega je razloga i Krebsov ciklus (ciklus limunske kiseline) aeroban proces, iako u njemu kisik ne sudjeluje direktno, što je karakteristika posljednje faze staničnog disanja – transportnog lanca elektrona, gdje je kisik konačni akceptor elektrona pri čemu se reducira do vode. U

navedenim se istraživanjima miskoncepcije, poput sudjelovanja kisika u glikolizi, odnosno svim etapama staničnog disanja, zadržavaju i do viših razreda gimnazijskog programa. U našem je istraživanju ta miskoncepcija potvrđena kod studenata 1. godine, koji većinski odabiru odgovor „kisik se reducira i u Krebsovom ciklusu i u transportnom lancu elektrona pri čemu nastaje voda“, zanemarujući činjenicu da kisik sudjeluje samo u transportnom lancu elektrona pri redukciji molekula NADH i FADH₂, pri čemu se regeneriraju potrebne količine molekula NAD⁺ i FAD, ključne za proces Krebsovog ciklusa (Pevalek-Kozlina, 2003). Studenti 3. godine ipak većinski biraju točan odgovor, što je vjerojatno rezultat detaljnog obrađivanja navedene tematike tijekom kolegija Fiziologija bilja 1 na 2. godini preddiplomskog studija (OBOS, 2015). Također, iz rezultata je vidljivo da podjednaki broj studenata 1. i 3. godine miješa procese fotosinteze i staničnog disanja kroz odabir odgovora „*kisik se oslobađa iz ugljikovog dioksida, koji je produkt Krebsovog ciklusa*“. Iako se kisik u procesu staničnog disanja ne oslobađa, već troši, ovdje je vidljivo da studenti nastanak kisika povezuju s ugljikovim dioksidom. Miješanje detalja procesa fotosinteze i staničnog disanja uočeno je i ranijim istraživanjima (Radanović i sur., 2016), kao i povezivanje redukcije ugljikovog dioksida s nastankom kisika (Çokadar, 2012), zanemarujući činjenicu da kisik, tijekom procesa fotosinteze, nastaje fotolizom vode tijekom reakcija ovisnih o svjetlu. Dio je to i 5. pitanja, u našem istraživanju, prema čijim je rezultatima evidentno da, iako se njihovi odgovori ne mogu smatrati miskoncepcijama obzirom na prethodno utvrđene kriterije za njihovo dijagnosticiranje, još uvijek većina studenata 1. godine pogrešno zaključuje da kisik u fotosintezi nastaje razgradnjom ugljikovog dioksida i vode pomoću Sunčeve energije i klorofila, ukazujući na potpuno nerazumijevanje pojedinih faza tijekom procesa fotosinteze i događaja, koji se vezuju uz pojedine reaktante i produkte. Isto tako, većina studenata 3. godine bira odgovor „*redukcijom CO₂ do ugljikohidrata u Calvinovom ciklusu, posredovanjem enzima RUBISCO*“, kao način oslobađanja kisika tijekom fotosinteze te na taj način pogrešno dovodi u vezu nastajanje kisika s redukcijom ugljikovog dioksida u reakcijama neovisnih o svjetlosti tijekom procesa fotosinteze.

Kao razlog ugibanja ribica u akvariju, postavljenog i ribama naseljenog unutar samo jednog dana, pri čemu se nije ostavilo dovoljno vremena za naseljavanje podloge i filter medija dušičnim bakterijama, ključnim u uspostavi ciklusa dušika, studenti 1. godine većinski odabiru odgovor „*biljka je preko noći potrošila sav kisik potreban za disanje akvarijskih ribica*“, koji je kod ove skupine studenata ujedno ocijenjen i kao miskoncepcija, sugerirajući njihov način shvaćanja procesa fotosinteze i staničnog disanja kod biljaka. Pored toga, veliki ih broj odabire i odgovor „*ribice su tijekom noći uginule od velike koncentracije ugljikovog dioksida, kojeg*

biljke koriste za disanje samo tijekom dana“. Također i značajan broj studenata 3. godine odabire navedene odgovore. Prethodno navedene odgovore u pitanju 10.1., studenti 1. i 3. godine potvrđuju objašnjenjem u pitanju 10.2., gdje se većina slaže da biljku nije trebalo ubaciti u akvarij, što je ujedno ocijenjeno kao miskoncepcija obje skupine ispitanika. Čitav niz dosadašnjih istraživanja pokazuju, da učenici i studenti fotosintezu pogrešno dovode u vezu s biljnim načinom disanja, pri čemu one udišu ugljikov dioksid preko dana izdišući kisik, a kisik preko noći izdišući ugljikov dioksid (Haslam i Treagust, 1987; Canal, 1999; Özay i Öztaş, 2003; Köse, 2008; Keleş i Kefeli, 2010; Lukša i sur., 2013; Radanović i sur., 2016), na taj način zanemarujući neprestanu potrebu kisika na razini stanice, koja je jedinstvena za sve aerobne organizme, kakve su i biljke. Problemi u razumijevanju neprestane potrebe za kisikom tijekom staničnog disanja, kako kod heterotrofnih organizama, tako i kod fotoautotrofnih organizama (primjerice, zelenih biljaka) očituju se i u pitanju 8.4. gdje se većina studenata 1. i 3. godine ne slaže s tvrdnjom „*Biljke neprestano koriste kisik za stanično disanje, poput heterotrofnih organizama*.“ pa iako kriterij za određivanje miskoncepcija, u vidu pojavljivanja netočnog odgovora u svim klasama studenata ovdje nije zadovoljen, odgovori studenata ukazuju na probleme u razumijevanju karakteristično za obje skupine ispitanika.

Nadalje, koncept energije, vezane uz procese fotosinteze i staničnog disanja, ispituje se i u pitanju 8.1., u kojem većina studenata i 1. i 3. godine preddiplomskog studija smatra da biljka pohranjuje višak energije u obliku škroba tijekom noći, kada ne fotosintetizira, iako ona to čini uvijek kada su njezine energetske potrebe zadovoljene obzirom škrob predstavlja pričuvenu tvar u biljaka (Pevalek-Kozlina, 2003). Također, i u pitanju 8.5. studenti točnom smatraju tvrdnju, koja Calvinov ciklus veže samo uz noćni period, kada biljke ne apsorbiraju Sunčevu energiju, iako se ovaj proces odvija i tijekom dana i tijekom noći. U udžbenicima se naziv ovog ciklusa često poistovjećuje s izrazom „reakcije tame“, a navedeno prate i slikovni prikazi, koji osim toga sugeriraju fotosintetiziranje tijekom dana, a disanje biljaka tijekom noći. Takvo korištenje neadekvatnog vizualnog materijala ili njegovo neadekvatno izlaganje učenicima i studentima može biti izvor problema jer ih oni mogu doživljavati kao stvarni prikaz pojedine strukture te reprodukciju realnosti (Harrison i Treagust, 2000; Lukša i sur., 2013), a i prema Köse (2008) iz slikovnih su se prikaza pojedinih faza fotosinteze, načinjenih od strane ispitanika, mogle utvrditi prethodno navedene miskoncepcije.

Na tragu nedavnog istraživanja navika učenja povezanih s uspješnosti učenika srednje škole u nastavi biologije (Gucek i Labak, 2017), u ovom smo istraživanju analizom rezultata ankete o navikama učenja kod studenata biologije pokušali objasniti njihov uspjeh u pisanoj provjeri znanja, a rezultati ankete ujedno reflektiraju njihove osobne, subjektivne stavove.

Naime, prema njima je vidljivo da studenti 1. i 3. godine uglavnom ne uče redovno, pripremajući se za ispit dulji vremenski period, što je ujedno u skladu s provedenim istraživanjem među učenicima u hrvatskom obrazovnom sustavu, gdje ih većina (oba spola i sve kategorije učenike obzirom na obrazovna postignuća) uči neredovito, isključivo prije ispitivanja pri čemu ne prakticiraju redovito učenje (Ristić Dedić i sur., 2017). Redovito je učenje ključno za gradnju zdrave osnove za razvoj znanja, vještina i stavova u osnovi kompetencije „*učiti kako učiti*“ (Gucek i Labak, 2017), a ujedno je i pretpostavka za savladavanje, učenicima i studentima vrlo zahtjevnih koncepata, kakvi su ispitivani i našim istraživanjem. Nadalje, utvrđeno je da se studenti 1. i 3. godine nevoljko odlučuju na konzultacije kod profesora i drugih suradnika na pojedinim kolegijima, dok radije biraju pomoć svojih kolega u rješavanju pojedinih nedoumica i objašnjavanju nerazumljivog gradiva. Moguće je da se dio pogrešnih shvaćanja, na taj način, prenosi među studentima, obzirom rijetko biraju konzultacije, kao način dodatnog pojašnjavanja nejasnoća od strane nastavnika.

Također, u najvećoj se mjeri obje skupine ispitanika ne slažu s tvrdnjom „*Često učim napamet, bez dubljeg razumijevanja, te je to dovoljno za uspješno polaganje ispita.*“, a još uvijek ih većina za učenje često ili isključivo koristi prezentacije korištene na predavanjima pri čemu se studenti 3. godine u većoj mjeri slažu i s tvrdnjom „*Učim samo one dijelove gradiva, koji su obrađeni na nastavi, ne proširujući svoje znanje dodatnim informacijama i najnovijim saznanjima iz znanosti*“. Naime, korištenje je sadržaja iz prezentacija s predavanja, bez dodatnih izvora literature, često nedovoljno za potpuno razumijevanje koncepata, kakvi su i fotosinteza i stanično disanje ispitivani ovim istraživanjem. Nastavi u obliku vježbi i seminara studenti 1. i 3. godine većinski daju prednost tijekom savladavanja nastavnog gradiva, pri čemu pokazuju neslaganje s tvrdnjom „*Tijekom predavanja mogu dovoljno naučiti pri čemu mi preostaje više slobodnog vremena za vlastite interese.*“. Međutim, dok većina studenata 1. godine smatra da je praktikumska nastava izvrsno organizirana te da pruža mogućnost neposrednog kontakta s različitim biološkim materijalima, što u konačnici doprinosi njihovom učenju i boljem razumijevanju, studenti se 3. godine s navedenim uglavnom ili uopće ne slažu, dok ih većina ne iskazuje određeni stav o navedenom.

Pretpostavka formiranju koncepata i razvijanju konceptualnog razumijevanja, kao organiziranog načina pamćenja, koje je višestruko efikasnije i trajnije od pamćenja velikog broja pojedinačnih i nepovezanih činjenica, jest neprestano povezivanje novih znanja s već postojećim tijekom procesa učenja (Lukša, 2011). S time se kroz tvrdnje „*Tijekom učenja, nastojim povezati nova znanja s prethodno stečenim znanjima iz već položenih kolegija.*“ i „*Tijekom učenja te prije polaganja ispita, nastojim utvrditi svoje znanje rješavanjem problema,*

odnosno rješavanjem dostupnih problemskih zadataka.“ u većini slažu i studenti 1. i 3. godine studija, iako prosječno ostvareni uspjeh studenata ovih dviju skupina u rješavanju pitanja 3. razine, za čije je uspješno rješavanje potrebno konceptualno razumijevanje, ne ukazuju na tu naviku učenja kod njih. Zanimljivo je saznanje da studenti 1. i 3. godine svoje učenje prilagođavaju profilu nastavnika pa ukoliko je on zahtijevan, tada i više vremena ulažu u svoje učenje i razumijevanje nastavnog gradiva i obratno.

I na kraju, posljednje dvije tvrdnje u anketi usko su povezane s ispitivanim konceptima u ovom istraživanju, obzirom su dio skupine botaničkih kolegija na studiju biologije. Naime, većina se studenata 1. i 3. godine ne slaže s tvrdnjom „*Rado učim botaničke kolegije.*“, u čemu svakako prednjače studenti 1. godine, dok je onih studenata 3. godine, koji se s navedenom tvrdnjom u potpunosti slažu, nešto više u odnosu na studente 1. godine, ukazujući na moguće povećanje interesa za kolegije iz područja botanike tijekom studija. Tako studenti 3. godine smatraju da nastavno gradivo iz botaničkih kolegija jednako uspješno usvaja, kao i ono iz drugih kolegija, dok se studenti 1. godine s navedenom tvrdnjom većinski uglavnom ili uopće ne slažu.

U konačnici, iako su koncepti fotosinteze i staničnog disanja prilično zastupljeni u hrvatskom obrazovnom sustavu, kako tijekom osnovne i srednje škole, tako i na akademskoj razini na studijima prirodnih znanosti, dosadašnja istraživanja zajedno s ovim ipak ukazuju na postojanje problema u razumijevanju te je utvrđen niz miskoncepcija vezanih uz ispitivane koncepte. Dosadašnja saznanja o miskoncepcijama ukazuju da su ona u suprotnosti sa znanstvenim konceptima, pojavljuju se kod velikog broja pojedinaca u populaciji, otporne su na promjene, mogu biti rezultat saznanja iz životnog iskustva ili učenja teže razumljivog gradiva, odnosno mogu se pojaviti kao način učeničkog približavanja nastavnog gradiva na njima razumljiv način (Fisher, 1985), a ujedno i sami nastavnici mogu biti njihovim izvorom, ukoliko slabije razumiju pojedine dijelove nastavnog gradiva (Boo i Ang, 2004), dok neki autori ističu da i udžbenici mogu biti uzrok krivog shvaćanja kod učenika i studenata, kroz primjerice neadekvatne slikovne prikaze, koje oni mogu doživljavati kao stvarni prikaz pojedine strukture te reprodukciju stvarnosti (Harrison i Treagust, 2000; Lukša i sur., 2013). Sukladno navedenom, nastavnici bi svoja poučavanja trebali planirati na temelju utvrđenog predznanja učenika i studenata, koje bi uključivalo i utvrđivanje miskoncepcija. Miskoncepcije vezane uz koncept fotosinteze nastaju, između ostalog, uslijed korištenja, sadržajima preopterećenih hrvatskih udžbenika i prevladavajuće pasivne metode učenja i poučavanja, u čije su procese učenici nedovoljno aktivno uključeni, kao i kratko vrijeme koje ulažu u učenje i pokušaj razumijevanja navedenih koncepata. Isto tako, izostaju refleksije na vlastito učenje i postignute rezultate, koji

iz njega proizlaze (Radanović i sur., 2016). Postupnom zamjenom miskoncepcija, kroz proces konceptualne promjene (Carey, 1985), osiguravaju se adekvatniji temelji za izgradnju novih znanja, a da bi do nje došlo, trebalo bi postojati nezadovoljstvo učenika postojećim konceptima, novi bi koncept trebao biti razumljiv pri čemu ga učenik može usvojiti samo ukoliko on ima smisla te bi on trebao biti uvjerljiv i plodonosniji od staroga kroz mogućnost rješavanja novih problema (Strike i Posner, 1982).

Stoga bi u budućnosti sveučilišni profesori trebali ustrajati u aktivnijem uključivanju studenata u proces poučavanja i učenja tijekom predavanja, praktikumske i seminarske nastave te se truditi u njima pobuditi interes za botaničke kolegije, kao i ustrajati u neprestanom povezivanju novih sa starim znanjima te povezivanju različitih koncepata kroz kvalitetno osmišljene problemske zadatke, što bi u konačnici doprinijelo razvoju konceptualnog razumijevanja kod studenata biologije. Također bi se u budućnosti trebalo provesti utvrđivanje miskoncepcija i iz drugih područja biologije među studentima, kao i provesti anketu među sveučilišnim profesorima s ciljem procjene njihovih vlastitih stavova o tehnikama poučavanja koje prakticiraju, do koje mjere ustraju u izlaganju studenata rješavanju različitih problema, korisnih u realnom svijetu i pripremi studenata za njihovo stručno djelovanje u budućnosti te na koji način procjenjuju učinkovitost svojeg poučavanja u savladavanju nastavnog gradiva kod studenata.

5. ZAKLJUČAK

Nakon provedbe i analize pisane provjere znanja među studentima 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- unatoč slušanju i polaganju niza kolegija tijekom 2. i 3. godine preddiplomskog studija biologije, studenti 3. godine ostvaruju gotovo jednak ukupni uspjeh u rješavanju pisane provjere znanja kao i studenti 1. godine;
- studenti 3. godine preddiplomskog studija biologije pokazuju bolji uspjeh u rješavanju pitanja 2. razine u odnosu na studente 1. godine, dok je uspjeh u rješavanju pitanja 1. i 3. razine podjednak među tim dvjema skupinama ispitanika;
- više je utvrđenih miskoncepcija kod studenata 1. godine preddiplomskog studija u odnosu na studente 3. godine, što ukazuje zamjenu dijela miskoncepcija ispravnim konceptima tijekom studija;
- miskoncepcije koje se pojavljuju kod studenata 1. godine preddiplomskog studija biologije su:
 - povećanje biljne mase rezultat je primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla;
 - apsorpcijom svjetlosne energije dolazi do fotooksidacije staničnog organela kloroplasta (miješanje kloroplasta i klorofila);
 - kisik sudjeluje u Krebsovom ciklusu jednako kao i tijekom transportnog lanca elektrona pri čemu se reducira do vode;
 - biljke udišu kisik samo tijekom noći, a tijekom dana ugljikov dioksid za potrebe fotosinteze;
- miskoncepcije koje se pojavljuju kod studenata 3. godine preddiplomskog studija biologije su:
 - biljka koristi hranjive tvari iz tla kao izvor energije (u proizvodnji ATP-a);
 - ATP je molekula iz koje se oslobađa energija tijekom razgradnje energetskih molekula kod životinja;

- istraživanjem su utvrđeni sljedeći pogrešni odgovori s velikom učestalošću u obje skupine studenata, a koji u skladu s prethodno definiranim kriterijima nisu okarakterizirani kao miskoncepcije, no ukazuju na još uvijek postojeće probleme u razumijevanju ispitivanih koncepata:
 - biljke pohranjuju višak energije u obliku škroba samo tijekom noći, kada ne fotosintetiziraju;
 - biljke iz tla uzimaju i hranu, pored vode i minerala, što je ključno za njihov rast i razvitak;
 - biljke ne koriste neprestano kisik za stanično disanje, poput heterotrofnih organizama, već samo tijekom noći;
 - reakcije Calvinova ciklusa odvijaju se samo tijekom noći, kada klorofil ne apsorbira Sunčevu svjetlost;
 - kisik oslobođen fotosintezom nastaje redukcijom CO_2 do ugljikohidrata u Calvinovom ciklusu, odnosno razgradnjom CO_2 i H_2O uz pomoć Sunčeve energije i klorofila.

Također, na temelju provedene i analizirane ankete o navikama učenja kod studenata 1. i 3. godine preddiplomskog studija biologije može se zaključiti da oni:

- ne uče redovito;
- ne uče napamet i bez dubljeg razumijevanja;
- radije se odlučuju na pomoć svojih kolega, ukoliko ne razumiju pojedine dijelove nastavnog gradiva, nego nastavnika i ostalih suradnika na kolegijima kroz termine konzultacija;
- često ili isključivo koriste prezentacije s predavanja za učenje, ne proširujući svoje znanje dodatnim izvorima literature;
- ne mogu naučiti dovoljno tijekom predavanja, dok im to više omogućuje praktikumska i seminarska nastava;
- nastoje, tijekom procesa učenja, povezati nova znanja s već postojećim i svoje znanje utvrditi rješavanjem dostupnih problemskih zadataka;
- nerado uče botaničke kolegije;
- dok studenti 3. godine smatraju da jednako uspješno savladavaju gradivo iz botaničkih kolegija, studenti se 1. godine s navedenim ne slažu.

6. METODIČKI DIO

6.1. Priprema nastavnog sata za nastavnu temu „Fotosinteza“

Koncept fotosinteze detaljno se obrađuje tijekom 3. razreda srednje škole, gimnazijskog programa, te je predložena sljedeća priprema nastavnog sata (tablica 11).

Tablica 11. Priprema za nastavni sat „Fotosinteza“ za učenike 3. razreda gimnazije

Ime i prezime nastavnika	Škola	Datum
Filip Babić		
Nastavna jedinica / tema		Razred
FOTOSINTEZA		3.
Temeljni koncepti	Ključni pojmovi	
Makrokoncept: TVARI I ENERGIJA U ŽIVOTNIM PROCESIMA <u>Koncept 1.:</u> <i>Procesi izmjene tvari i pretvorba energije na razini stanice – metaboličke reakcije</i> <i>Koncept 1.1.: Procesi oslobađanja energije iz biomolekula i sinteza ATP-a</i> <u>Koncept 2.:</u> <i>Procesi izmjene tvari i pretvorba energije na razini organizma</i> <i>Koncept 2.1.: Prehrana i disanje organizma</i>	svjetlost, fotoautotrofni organizmi, fotosustav I i II, svjetlosne reakcije, Calvinov ciklus, ugljikov dioksid, ugljikohidrati, kisik	
Cilj nastavnog sata (nastavne teme)		
Objasniti fotosintezu kroz procese ovisne i neovisne o svjetlosti, povezujući navedeno s detaljima građe kloroplasta i prisustvom pojedinih pigmenta, te razlikovati i međusobno usporediti organizme obzirom na način dobivanja energije, uočavajući potrebu svih aerobnih organizama za kisikom, ključnim za disanje na razini stanice.		
ISHODI UČENJA		
1. Definirati fotosintezu i usporediti organizme s obzirom na način dobivanja energije. 2. Objasniti ulogu kloroplasta i usporediti važnost prisutnih pigmenata u procesu fotosinteze. 3. Obrazložiti i usporediti svjetlosne reakcije i Calvinov ciklus. 4. Opisati prijenos asimilata nastalih fotosintezom kroz floem.		

Br.	Razrada ishoda nastavne jedinice	Zadatak/primjer ključnih pitanja za provjeru ostvarenosti ishoda	KR	PU
1.	<i>Definirati fotosintezu i usporediti organizme s obzirom na način dobivanja energije.</i>	1. Što je fotosinteza? 2. Koji sve organizmi, osim zelenih biljaka, mogu fotosintetizirati? 3. Koriste li i kemoautotrofni organizmi Sunčevu svjetlost za sintezu organskih spojeva? 4. Koriste li i biljke kisik, kojega stvaraju, neprestano i na jednak način za održavanje života kao i heterotrofni organizmi?	R1 R1 R1 R2	
2.	<i>Objasniti ulogu kloroplasta i usporediti važnost prisutnih pigmenata u procesu fotosinteze.</i>	1. Sudjeluje li u apsorpciji svjetlosti kloroplast ili klorofil? 2. Koji je pigment dio reakcijskog središta u fotosintezi i ključan je za apsorpciju svjetlosne energije? 3. Na koji način ostali pigmenti doprinose fotosintezi? 4. Je li i zeleni dio spektra učinkovit u fotosintezi, iako ga klorofil reflektira pa iz toga razloga biljke vidimo zelene boje? 5. Apsorpcija svjetlosti dovodi do značajnog zagrijavanja listova neke biljke. Na koji način transpiracija doprinosi smanjenju temperature listova? 6. Znanstvenik je u istraživanju osvijetlio algu svjetlošću, koja prolazi kroz prizmu pa su različiti dijelovi alge obasjani svjetlošću različitih valnih duljina. U eksperimentu su upotrijebljene aerobne bakterije, koje su se u najvećem broju koncentrirale oko onih dijelova algi, koje su bile osvijetljene svjetlošću, koja odgovara ljubičasto-plavom i crvenom dijelu vidljivog dijela spektra Sunčeva zračenja. Zaključiti koji se dio vidljivog spektra Sunčevog zračenja poklapa s djelotvornim spektrom za proces fotosinteze.	R1 R1 R1 R2 R2 R3	
3.	<i>Objasnuti i usporediti svjetlosne reakcije i Calvinov ciklus.</i>	1. Na koji način svjetlost pobuđuje reakcije u fotosustavu II i I?	R1	

		2. Koji visokoenergetski spojevi nastaju tijekom svjetlosnih reakcija fotosinteze i koja je njihova uloga u kasnijim fazama procesa?	R1	
		3. Što pokreće sintezu molekula ATP-a tijekom svjetlosnih reakcija fotosinteze?	R1	
		4. Objasni je li ugljikov dioksid ključan za nastajanje kisika tijekom procesa fotosinteze.	R1	
		5. Na koji način nastaju ugljikohidrati tijekom fotosinteze?	R1	
		6. Obzirom se energija ne može stvoriti niti uništiti, koji se oblik energije transformira u kemijsku energiju, tijekom procesa fotosinteze, i gdje se ona pohranjuje?	R2	
		7. Na koji način svjetlost doprinosi procesu cijepanja vode i koji produkt time nastaju?	R2	
		8. Objasni je li odvijanje Calvinovog ciklusa ograničeno samo tijekom perioda tame, kada klorofil ne apsorbira Sunčevu energiju.	R2	
		9. Bromtimol modro indikator je, koji svoju boju mijenja iz plave u žutu u prisutnosti slabe kiseline. Objasni zašto dolazi do promjene boje u žutu, u čaši s vodom u koju se tijekom 10 minuta uvodio CO ₂ . Objasni bi li dodatak grančice biljke, tijekom 24 sata, mogao uzrokovati povrat boje iz žute u plavu.	R3	
		10. Mladica drvenaste biljke povećala je svoju masu 30 puta tijekom 5 godina uzgoja u kontroliranim uvjetima, a tijekom toga perioda biljka je imala adekvatno osvjetljenje, zalijevanje i mineralnu prihranu. Objasni zašto je došlo do povećanja biljne mase.	R3	
		11. Za rast vodenih biljaka u akvariju upotrijebljen je dodatan izvor ugljikovog dioksida uz rasvjetu niskog intenziteta svjetlosti. Ukoliko su primljeni CO ₂ i apsorbirana svjetlost u proporcionalnom odnosu, zaključite rastu li ove biljke, pod navedenim uvjetima, uspješno ili ne.	R3	

4.	Opisati prijenos asimilata nastalih fotosintezom kroz floem.	1. Gdje nastaju asimilati i na koji se način prenose do stanica korijena?	R1				
		2. Na koji način provodni sustavi ksilema, doprinose provođenju asimilata floemom?	R1				
		3. Uzima li biljka hranu i preko korijena, koja se može iskoristiti za proces staničnog disanja, poput hrane stvorene fotosintezom?	R2				
		4. Afrička ljubičica stoji na prozorskoj dasci, u keramičkoj posudi, i tijekom dana apsorbira Sunčevu svjetlost. Na koji se način stanice korijena, koje nisu izložene svjetlosnom zračenju, osiguravaju potrebnom energijom za stanični rad?	R3				
Kognitivna razina (KR): R1 = reprodukcija, R2 = konceptualno razumijevanje i primjena znanja, R3 = rješavanje problema Procjena uspješnosti učenja (PU): – odgovara manje od 5 učenika, +/- odgovara otprilike polovina učenika, + odgovara većina učenika							
TIJEK NASTAVNOG SATA							
Tip sata		obrađa novog nastavnog sadržaja	Trajanje	45 min			
STRUKTURNI ELEMENT NASTAVNOG SATA	DOMINANTNA AKTIVNOST		BR. ISHODA	KORISTITU IZVEDBI	METODA	SOCIOLOŠKI OBLIK RADA	TRAJANJE (min)
UVODNI DIO SATA	<p>N: Postaviti nekoliko uvodnih pitanja o fotosintezi te potaknuti učenike na razmišljanje o tome da fotosinteza nije način disanja kod fotoautotrofnih biljaka (primjerice zelenih biljaka) već sposobnost oslobađanja kisika i sinteze organskih spojeva iz anorganskih spojeva te uz pomoć Sunčeve svjetlosti i klorofila sadržanog u kloroplastima. Naglasiti učenicima da je za disanje na razini stanice svim aerobnim organizmima važan kisik, a među njih ubrajamo i biljke.</p> <p>U: Zapisati naslov nastavne jedinice u bilježnicu, odgovoriti na pitanja iznoseći svoje ideje o fotosintezi i disanju na razine stanice te navedeno usporediti između fotoautotrofnih i heterotrofnih organizama.</p> <p>N: Učenicima naglasiti ciljeve nastavnog sata i postaviti im motivacijsko pitanje „Na koji se način i u kojoj fazi, tijekom fotosinteze, oslobađa kisik i stvaraju ugljikohidrati?“, do čijeg će odgovora doći do kraja nastavnog sata uz njihovo aktivno sudjelovanje. Također, na ploču učenicima ispisati kemijsku jednadžbu procesa fotosinteze te istaknuti da je cilj ovoga sata</p>		1.	P PP	R	F	5

	ujedno razjasniti navedenu jednadžbu i proširiti znanje o fotosintezi.					
SREDIŠNJI DIO SATA	<p>N: Učenike podijeliti u 4 skupine i podijeliti im materijale - Radni listić: Fotosinteza (Prilog 3.) za rješavanje tijekom izvođenja pokusa u skupini. Naglasiti učenicima da je za izvođenje pokusa nužno pratiti protokol i da je sav potreban pribor za rad u skupini priređen na radnom mjestu. Pojasniti učenicima da je ključno, da nakon postavljanja pokusa prema pravilima, ispune tablicu predviđanja, sadržanu u radnom listiću.</p> <p>U: Proučavati priređene materijale, koristiti navedeni pribor i kemikalije u skladu s pravilima i mjerama opreza, izvesti pokus i ispuniti tablicu predviđanja.</p> <p>N: Obzirom se navedeni pokus odvija kroz više sati, kako bi se vidjeli rezultati u vidu promjene boje, potrebno je unaprijed prirediti isti pokus (dan ranije) i rezultat pokazati učenicima, kako bi mogli provjeriti svoje pretpostavke i objasniti što se uistinu dogodilo i objasniti razloge takvog ishoda pokusa. Naglasiti učenicima da je cilj da sami donesu zaključak i pokušaju objasniti navedeno, na temelju vlastitog predznanja i pokusa. Objasniti učenicima da će rezultate svoga pokusa moći vidjeti sutradan.</p> <p>U: Promatrati rezultate prethodno pripremljenog pokusa od strane nastavnika, donijeti vlastite zaključke te ih argumentirati.</p>	1. 3.	RL PM E	PR	G	15
	<p>N: Učenicima objasniti svojstva svjetlosti i naglasiti da je samo mali dio elektromagnetskog spektra vidljiv ljudskom oku. Također, objasniti, koji su dijelovi spektra najdjelotvorniji za odvijanje fotosinteze. Objasniti strukturu fotosintetskog aparata, naglasiti važnost klorofila a, kao pigmenta ključnog u apsorpciji svjetlosti u reakcijskom središtu, kao i ostalih pomoćnih pigmenata, koji proširuju djelotvorni spektar za fotosintezu.</p> <p>U: Zapisati u bilježnicu najvažnije pojedinosti i odgovaraju na pitanja nastavnika.</p>	2.	PP	I R	F	5
	N: Podijeliti učenike u 2 skupine i zadati učenicima zadatak – dok jedna skupina, na bijeli papir većeg formata (A3) uz korištenje flomastera različitih boja ističe karakteristike	3. 4.	UDŽ PP TM	T C I	G F	15

	<p>primarnih reakcija ovisnih o svjetlosti, druga skupina čini to isto, ali izdvaja najvažnije dijelove sekundarnih reakcija neovisnih o svjetlosti, na način da u konačnici naprave konceptualnu mapu, sukladno prethodno istaknutim pravilima. Naglasiti da je za zadatak potrebno koristiti udžbenik te po potrebi dodatne izvore literature, kao i da će svoj uradak morati prezentirati učenicima druge skupine uz njihovo aktivno slušanje i punu pažnju.</p> <p>U: Izdvajaju najvažnije dijelove nastavnog gradiva sadržane u udžbeniku i kreiraju vlastitu konceptualnu mapu, uz korištenje flomastera različitih boja. Nakon odrađenog zadatka, svaka skupina prezentira svoj rad drugoj skupini i postavlja dodatna pitanja, kako bi provjerili jesu li ih učenici druge skupine pažljivo slušali.</p> <p>N: Pratiti raditi dviju skupina učenika te po potrebi interventirati dodatnim objašnjavanjem pojedinog dijela nastavnog gradiva, ukoliko procijeni da je pojedini dio ostao nejasan. Na kraju, učenicima objasniti prijenos asimilata u biljci provodnim elementima floema, ukazujući na prostornu i funkcionalnu povezanost elemenata floema i ksilema u provođenju.</p> <p>U: Zapisuju najvažnije dijelove u bilježnicu te odgovaraju na pitanja nastavnika.</p>					
ZAVRŠNI DIO SATA	<p>N: Ponoviti motivacijsko pitanje s početka sata te kroz razgovor s učenicima iznijeti zaključke.</p> <p>U: Odgovoriti na motivacijsko pitanje iznoseći svoje ideje, temeljem znanja stečenog tijekom izvođenja pokusa i detaljnom obradom reakcija fotosinteze tijekom grupnog rada.</p> <p>N: Tehnikom „izlaznih kartica“ provjeriti usvojenost ishoda postavljanjem nekoliko kratkih, ali ključnih pitanja. Naglasiti učenicima da je potrebno, uz svoje odgovore, nacrtati znak ☺ ukoliko sami procjenjuju, da su ovakvim nastavnim satom proširili svoje znanje o fotosintezi, odnosno znakom ☹ ukoliko su procijenili, da nastavnim satom nisu mogli posve proširiti svoje znanje o fotosintezi te da među njima postoji još pitanja, koja treba razjasniti. U skladu s navedenim, nastavnik bi trebao planirati svoje poučavanje u budućnosti.</p>	PP AL	I R T	F I	5	

	U: Zapisati svoje odgovore na postavljena pitanja i procijeniti koliko su sami napredovali tijekom ovoga nastavnog sata te je li potrebno dodatno objašnjavanje, kako bi u potpunosti shvatili obrađeni koncept.									
<i>Nositelji aktivnosti:</i> N – nastavnik, U - učenici (dodati i mijenjati uloge ukoliko je potrebno uz svaku aktivnost) <i>Koristiti u izvedbi:</i> RL – radni listić za učenike, UDŽ – udžbenik, RB – radna bilježnica, P – ploča, PM – prirodni materijal, E – pokus/eksperiment, MD – model, AP – aplikacija, PP – projekcija prezentacije, V – video zapis, A – animacija, I – igra, IU – igranje uloga, RS – računalna simulacija, M – mikroskop, L – lupa, F – fleks kamera, T – tablet, MO – mobitel, OP – organizator pažnje, AL - anketni listić, TM - tekstualni materijali (dodati prema potrebi) <i>Metode:</i> PR – praktični radovi, D – demonstracija, C – crtanje, I – usmeno izlaganje, R – razgovor, T – rad na tekstu i pisanje <i>Oblici rada:</i> I – individualno, P – rad u paru, G – grupni rad, F – frontalno										
MATERIJALNA PRIPREMA										
<ul style="list-style-type: none">- udžbenik, računalno, projektor, platno za projekciju- staklene čaše, voda, indikator bromtimol modro, kapalice, aluminijska folija, mineralna gazirana voda (zasićena s CO₂), lampa s izvorom svjetlosti (jaka žarulja), grančice vodene biljke (prijedlog: vodena kuga, <i>Egeria densa</i> ili rogolist, <i>Ceratophyllum demeresum</i>), bijeli papir većeg formata (npr. A3), flomasteri ili drvene olovke u boji										
PLAN UČENIČKOG ZAPISA										
<div>FOTOSINTEZA</div> <ul style="list-style-type: none">- proces transformacije svjetlosne energije u kemijsku energiju veza sintetiziranih spojeva- reakcijsko središte (apsorpcija svjetlosti) – klorofil <i>a</i>- pomoćni pigmenti (klorofil <i>b</i>, karotenoidi) – doprinose fotosintezi- produkti fotosinteze prenose se floemom (model tlačne struje): listovi → korijen <table><tr><th>PEIMARNE REAKCIJE OVISNE O SVJETLOSTI</th><th>SEKUNDARNE REAKCIJE NEOVISNE O SVJETLOSTI (Calvinov ciklus)</th></tr><tr><td><ul style="list-style-type: none">- apsorpcija svjetlosne energije (klorofil <i>a</i>)- nastanak ATP i NADPH- fotoliza vode → nastanak O₂</td><td><ul style="list-style-type: none">- redukcija CO₂ do ugljikohidrata, pomoću ATP i NADPH nastalih tijekom reakcija ovisnih o svjetlosti</td></tr></table>							PEIMARNE REAKCIJE OVISNE O SVJETLOSTI	SEKUNDARNE REAKCIJE NEOVISNE O SVJETLOSTI (Calvinov ciklus)	<ul style="list-style-type: none">- apsorpcija svjetlosne energije (klorofil <i>a</i>)- nastanak ATP i NADPH- fotoliza vode → nastanak O₂	<ul style="list-style-type: none">- redukcija CO₂ do ugljikohidrata, pomoću ATP i NADPH nastalih tijekom reakcija ovisnih o svjetlosti
PEIMARNE REAKCIJE OVISNE O SVJETLOSTI	SEKUNDARNE REAKCIJE NEOVISNE O SVJETLOSTI (Calvinov ciklus)									
<ul style="list-style-type: none">- apsorpcija svjetlosne energije (klorofil <i>a</i>)- nastanak ATP i NADPH- fotoliza vode → nastanak O₂	<ul style="list-style-type: none">- redukcija CO₂ do ugljikohidrata, pomoću ATP i NADPH nastalih tijekom reakcija ovisnih o svjetlosti									
PRILOZI										
<i>Prilog 3. Radni listić: Fotosinteza (naveden u poglavlju 8. Prilozi ovog rada)</i>										
LITERATURA										
Berg, J. M., Tymoczko, J., Stryer, L. (2013) <i>Biokemija</i> . Školska knjiga, Zagreb.										

Đumlija, S., Heffer, M., Drenjančević, I. (2014) Biologija 3. Udžbenik biologije za treći razred gimnazije. Alfa, Zagreb.

Pevalek-Kozlina, B. (2003) Fiziologija bilja. Profil, Zagreb.

Springer, P. O., Pevalek-Kozlina, B. (2009) Živi svijet 3. Fiziologija čovjeka i životni procesi u biljkama. Udžbenik biologije za treći razred gimnazije. Profil, Zagreb.

7. LITERATURA

Abimbola, I. O., Baba, S. (1996) Misconceptions & alternative conceptions in science textbooks: The role of teachers as filters. *The American Biology Teacher* 58:14-19.

Allen, I. E., Seaman, C. A. (2007) Likert scales and data analyses. *Quality Progress* 40:64-65.

Al-Shawaf, L., Zreik, K., Buss, D. M. (2018) Thirteen misunderstandings about natural selection. U: *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science*. Springer International Publishing.

Bahar, M. (2003) Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory and Practice* 3:56-64.

Begić, V., Bastić, M., Radanović, I. (2016) Utjecaj biološkog znanja učenika na rješavanje zadataka viših kognitivnih razina. *Educatio Biologiae* 2:13-42.

Beichner, R. J. (1993) Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics* 62:750-762.

Berg, J. M., Tymoczko, J., Stryer, L. (2013) *Biokemija*. Školska knjiga, Zagreb.

Boo, H. K., Ang, K. C. (2004) Teachers' misconceptions of science as revealed in science examination papers. *ERAS Conference* 114-124.

Bukvić, A. (1982) *Načela izrade psiholoških testova*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd.

Canal, P. (1999) Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education* 21:363-371.

Carey, S. (1985) *Conceptual change in Childhood*. MIT Press, Cambridge.

Clement, J. (1982) Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Association of Physics Teachers* 50:66-71.

Çokadar, H. (2012) Photosynthesis and respiration processes: Prospective teachers' conception levels. *Education and Science* 37:81-93.

Crooks, T. J. (1988) The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research* 58:438-481.

Delimar, D. (2011) Miskonceptije sudionika županijskog natjecanja iz biologije za učenike srednjih škola. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu.

Deshmukh, N. D., Deshmukh, V. M. (2007) A study of students' misconceptions in biology at the secondary school level. *An International Conference to Review Research on Science, Technology and Mathematics Education* 2:137-141.

Dikmenli, M. (2010) Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essay* 5:235-247.

Dikmenli, M., Çardak, O., Öztas, F. (2009) Conceptual problems in Biology-related topics in primary science and technology textbooks in Turkey. *International Journal of Environmental & Science Education* 4:429-440.

Dimec, D. S., Strgar, J. (2017) Scientific conceptions of photosynthesis among primary school pupils and student teachers biology. *Center for Educational Policy Studies Journal* 7:49-68.

Duit, R., Treagust, D. (2010) Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25:671-688.

Đumlija, S., Heffer, M., Drenjančević, I. (2014) *Biologija 3. Udžbenik biologije za treći razred gimnazije*. Alfa, Zagreb.

Fisher, K. M. (1985) A misconception in biology: amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching* 22:53-62.

Galvin, E., Simmie, G. M., O'Grady, A. (2015) Identification of misconceptions in the teaching of biology: A pedagogical cycle of recognition, reduction and removal. *Higher Education of Social Science* 8:1-8.

Gilbert, J. K., Watts, M. (1983) Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education* 10:61-98.

Gooding, J., Metz, B. (2011) From misconceptions to conceptual change. *The Science Teacher* 78:34-37.

Grgin, T. (1994) Školska dokimologija. Naklada Slap, Jastrebarsko.

Griffard, P. B., Wandersee, J. H. (2001) The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose? *International Journal of Science Education* 23:1039-1052.

Gucek, M. (2017) Ovisnost usvojenosti nastavnog sadržaja i istraživačkog učenja Biologije kod učenika srednje škole. Diplomski rad, Odjel za biologiju Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.

Gucek, M., Labak, I. (2017) Navike učenja i uspješnost učenika srednje škole u nastavi biologije. *Educatio Biologiae* 3:63-72.

Gunel, M., Hand, B., McDermott, M. A. (2009) Writing for different audiences: Effects on high-school students' conceptual understanding of biology. *Learning and Instruction* 19:354-367.

Haladyna, T. M., Downing, S. M., Rodriguez, M. C. (2002) A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment. *Applied Measurement in Education* 15:309-333.

Hall, J. E., Guyton, A. C. (2012) *Medicinska fiziologija*. 12. izdanje. Medicinska naklada, Zagreb.

Harrison, A. G., Treagust, D. F. (2000) A typology of school science models. *International Journal of Science Education* 22:1011-1026.

Haslam, F., Treagust, D. F. (1987) Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21:203-211.

Hazel, E., Prosser, M. (1994) First-year university students' understanding of photosynthesis, their study strategies and learning context. *The American Biology Teacher* 56:274-279.

Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. (1992) Force concept inventory (FCI). *American Association of Physics Teachers* 30:141-158.

Ivković, M. (2013) Uloga miskoncepcija utvrđenih na osnovi konceptualnog testa u ostvarenju konceptualnog razmišljanja kod učenika srednje škole. Diplomski rad, Odjel za biologiju Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.

Kaltakci Gurel, D., Eryilmaz, A., McDermott, L. C. (2015) A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 11:989-1008.

Keleş, E., Kefeli, P. (2010) Determination of student misconceptions in "photosynthesis and respiration" unit and correcting them with the help of cai material. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2:3111-3118.

Keskin, B., Özey Köse, E. (2017) Misconceptions of prospective biology teachers about theory of evolution. *NFE-EJMSE* 11:216-242.

Klymkowsky, M. W., Garvin-Doxas, R. K. (2008) Recognizing student misconceptions through Ed's Tools and the Biology Concept Inventory. *Public Library of Science Biology* 6:14-17.

Klymkowsky, M. W., Garvin-Doxas, R. K., Zeilik, M. (2003) Bioliteracy and teaching efficacy: What biologists can learn from physicists. *Cell Biology Education* 2:155-161.

Klymkowsky, M. W., Taylor, L. B., Spindler, S. R., Garvin-Doxas, R. K. (2006) Two-dimensional, implicit confidence tests as a tool for recognizing student misconceptions. *Journal of College Science Teaching* 35:44-48.

Köse, S. (2008) Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal* 3:283-293.

Krsnik, R. (2008) Suvremene ideje u metodici nastave fizike. Sveučilišni udžbenik. Školska knjiga, Zagreb.

Kwen, B. H., Cheng, A. K. (2004) Teachers' misconceptions of science as revealed in science examination papers. *ERAS Conference Singapore* 24-26.

Labak, I., Merdić, E., Heffer, M., Radanović, I. (2013) Povezanost aktivnih strategija rada u pojedinačnom i blok-satu s usvojenošću nastavnog sadržaja biologije. *Sociologija i prostor* 197:509-521.

Linnenbrink, E. A., Pintrich, P. R. (2002) Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review* 31:313-327.

Lord, T. R. (1999) A comparison between traditional and constructivist teaching in environmental science. *The Journal of Environmental Education* 30:22-27.

Lukša, Ž. (2011) Učeničko razumijevanje i usvojenost osnovnih koncepata u biologiji. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu.

Lukša, Ž., Radanović, I., Garašić, D. (2013) Konceptualni pristup poučavanju uz definiranje makrokonceptnog okvira za biologiju. *Život i škola* 30:156-171.

Lukša, Ž., Radanović, I., Garašić, D. (2013) Očekivane i stvarne miskoncepcije učenika u biologiji. *Napredak* 154:527-548.

Mestre, J. P. (2001) Cognitive aspects of learning and teaching science. U: *Teacher Enhancement for Elementary and Secondary Science and Mathematics: Status, Issues, and Problems*. National Science Foundation, Washington.

Michael, J. (2006) Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education* 30:159-167.

Michael, J. (2007) Conceptual assessment in the biological sciences: A national science foundation-sponsored workshop. *Advances in Physiology Education* 31:389-391.

Michael, J., McFarland, J., Wright, A. (2008) The second conceptual assessment in the biological sciences workshop. *Advances in Physiology Education* 32:248-251.

Michael, J., Modell, H., McFarland, J., Cliff, W. (2009) The "core principles" of physiology: What should students understand? *Advances in Physiology Education* 33:10-16.

MZO (2017) Nacionalni dokument nastavnog predmeta Biologija. Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Zagreb.

NCVVO (2016) Ispitni katalog za državnu maturu u školskoj godini 2016./2017. Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja, Zagreb.

OBOS (2015) Program preddiplomskog sveučilišnog studija Biologija. Odjel za biologiju, Osijek.

Odom, A. L. (1995) Secondary & College students' misconceptions about diffusion and osmosis. *The American Biology Teacher* 57:409-415.

Özay, E., Öztaş, H. (2003) Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education* 37:68-70.

Parker, J. M., Anderson, C. W., Heidemann, M., Merrill, J., Merritt, B., Richmond, G., Urban-Lurain, M. (2012) Exploring undergraduates' understanding of photosynthesis using diagnostic question clusters. *CBE-Life Sciences Education* 11:47-57.

Petz, B. (2004) Osnove statističke metode za nematematičare. Naklada Slap, Jastrebarsko.

Pevalek-Kozlina, B. (2003) Fiziologija bilja. Profil, Zagreb.

Posavac, I. (2013) Istraživanje učestalih miskoncepcija kod učenika osnovne škole na osnovi konstruiranog konceptualnog testa. Diplomski rad, Odjel za biologiju Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., Gertzog, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66:211-227.

Queloz, A. C., Klymkowsky, M. W., Stem, E., Hafen, E., Köhler, K. (2017) Diagnostic of students' misconceptions using the Biological Concepts Instrument (BCI): A method for conducting an educational needs assessment. *Public Library of Science* 12:1-18.

Radanović, I., Ćurković, N., Bastić, M., Leniček, S., Furlan, Z., Španović, P., Valjak-Porupski, M. (2010) Kvalitativna analiza ispita provedenih 2008. godine u osnovnim školama: Izvješće o projektu – Biologija. Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje, Zagreb.

Radanović, I., Garašić, D., Lukša, Ž., Ristić-Dedić, Z., Jokić, B., Sertić-Perić, M. (2016) Understanding of photosynthesis concepts related to students' age. U: Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future. Part 1: Learning science: conceptual understanding. University of Helsinki, Helsinki, str. 271-277.

Ristić Dedić, Z., Jokić, B., Matic, J., Košutić, I., Šabić, J. (2017) Kakve su navike učenja, obrasci pisanja (prepisivanja) domaćih zadaća i percepcija meritokracije? Populacijska perspektiva: Krapinsko-zagorska, Međimurska, Varaždinska i Zagrebačka županija. Institut za društvena istraživanja u Zagrebu, Zagreb.

Ross, P., Tronson, D., Ritchie, R. J. (2006) Modelling Photosynthesis to increase conceptual understanding. *Journal of Biological Education* 40:84-88.

Songer, C. J. (1994) Understanding cellular respiration: An analysis of conceptual change in college biology. *Journal of Research in Science Teaching* 31:621-637.

Soyibo, K. (1995) A review of some sources of students' misconceptions in biology. *Singapore Journal of Education* 15:1-11.

Springer, P. O., Pevalek-Kozlina, B. (2009) Živi svijet 3. Fiziologija čovjeka i životni procesi u biljkama. Udžbenik biologije za treći razred gimnazije. Profil, Zagreb.

Vizek-Vidović, V., Štetić-Vlahović, V., Rijavec, M., Miljković, D. (2003) Psihologija obrazovanja. IEP-VERN, Zagreb.

Vosniadou, S. (1992) Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology* 24:535-585.

Wang, J. R. (2004) Development and validation of a two-tier instrument to examine understanding of internal transport in plants and the human circulatory system. *International Journal of Science and Mathematics Education* 2:131-157.

Wynn, A. N., Pan, I. L., Rueschhoff, E. E., Herman, M. A. B., Archer, E. K. (2017) Student Misconceptions about Plants – A First Step in Building a Teaching Resource. *Journal of Microbiology and Biology Education* 18:1-4.

8. PRILOZI

Prilog 1. Pisana provjera znanja



Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku
ODJEL ZA BIOLOGIJU
Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek
www.biologija.unios.hr

Godina preddiplomskog studija: ____
Zaporka (5 znamenki): ____

Ukupan broj bodova: 25
Ostvareni broj bodova: ____ (____ %)

PISANA PROVJERA ZNANJA IZ BIOLOGIJE

Poštovani kolege studenti,

pristupanjem ovoj pisanoj provjeri znanja pristajete sudjelovati u istraživanju, ključnog za izradu Diplomskog rada studenta Filipa Babića, pod mentorstvom doc. dr. sc. Irene Labak, s ciljem utvrđivanja miskoncepcija i uspješnosti rješavanja pitanja različitih razina kod studenata 1. i 3. godine Preddiplomskog sveučilišnog studija: Biologija, Odjela za biologiju pri Sveučilištu J. J. Strossmayera u Osijeku, u akademskoj godini 2017./2018. Nakon rješavanja svih zadataka pisane provjere, molimo Vas da samostalno upišite očekivani broj bodova u stupac „Bodovi“; polje „Očekivani bodovi“, što neće utjecati na vrednovanje Vaših odgovora od strane ispravljača. Ova je pisana provjera znanja potpuno anonimna te uspješnost u rješavanju, kao i ishod provjere znanja, ni na koji način ne mogu utjecati na uspjeh u pojedinim kolegijima tijekom studija. Također, molimo Vas da se pridržavate uobičajenih pravila tijekom pristupanja provjeri, a vrijeme trajanja ove pisane provjere je max. 45 minuta.

I. skupina zadataka / Zaokružite slovo ispred **jednog** točnog odgovora. Svaki točan odgovor donosi **1 bod**.

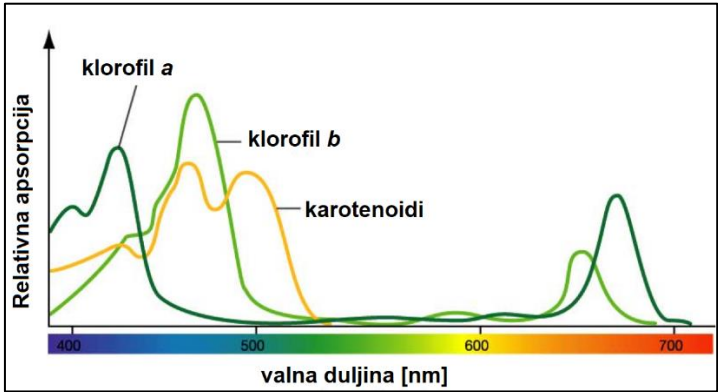
R. br. pitanja	Pitanje	Bodovi
1.	Masa mladice gorskog javora (<i>Acer pseudoplatanus</i>) se povećala 30 puta nakon 5 godina uzgoja u kontroliranim uvjetima. Povećanje biljne mase rezultat je: a) nagomilavanja sunčeve energije u kloroplastima b) primanja velike količine vode s hranjivim tvarima i mineralima iz tla c) proizvodnje ugljikovih spojeva iz organskih tvari pomoću sunčeve energije i klorofila d) proizvodnje ugljikohidrata (glukoze) redukcijom CO ₂ tijekom fotosinteze	Očekivani bodovi: ____ / 1
		____ / 1
2.	Afrička ljubičica (<i>Saintpaulia ionantha</i>) stoji na prozorskoj dasci u ukrasnoj keramičkoj posudi i apsorbira Sunčevu energiju. Na koji se način stanice korijena, koje nisu izložene svjetlosnom zračenju, osiguravaju potrebnom energijom za stanični rad, poput primjerice aktivnog transporta kroz membranu? a) u listovima fotosintezom nastaje ATP, koji se transportira do korijena i svih ostalih dijelova biljke b) stanice korijena proizvode ATP staničnim disanjem, koristeći hranjive tvari iz supstrata c) ugljikohidrati se iz listova, gdje nastaju fotosintezom, transportiraju do stanica korijena d) stanice korijena su, poput cijele biljke, također autotrofne te samostalno fotosintezom proizvode organske tvari i oslobađaju kisik	Očekivani bodovi: ____ / 1
		____ / 1
3.	Kod kojeg se od navedenih organizama <u>ne</u> odvija proces fotosinteze? a) zelena euglena (<i>Euglena viridis</i>) b) zelena plijesan – kistac (<i>Penicillium notatum</i>) c) crvene alge (Rhodophyta) d) bijela imela (<i>Viscum album</i>)	Očekivani bodovi: ____ / 1
		____ / 1
4.	Zaokružite <u>točnu</u> tvrdnju za adenzin-trifosfat (ATP). a) nastaje djelovanjem enzima ATP-sintaza zbog razlike u pH vrijednosti strome i tilakoidnog prostora kloroplasta b) konačni je produkt fotosinteze i predstavlja direktan izvor energije za heterotrofne organizme c) nastaje difundiranjem protona (H ⁺) kroz membranu iz međumembranskog prostora (više H ⁺) u matriks mitohondrija (manje H ⁺) pri čemu se oksidiraju NADH i FADH ₂ d) molekula iz koje se oslobađa energija pri razgradnji energetskih molekula kod životinja	Očekivani bodovi: ____ / 1
		____ / 1

R. br. pitanja	Pitanje	Bodovi
5.	Kisik oslobođen fotosintezom nastaje: a) redukcijom CO ₂ do ugljikohidrata u Calvinovom ciklusu, posredovanjem enzima RUBISCO b) fotolizom vode u tilakoidnom prostoru kloroplasta tijekom svjetlosnih reakcija c) zbog razlike u koncentraciji H ⁺ iona u međumembranskom prostoru i matriksu mitohondrija d) razgradnjom CO ₂ i H ₂ O uz pomoć sunčeve energije i klorofila	Očekivani bodovi: ___ / 1
		___ / 1
6.	Svjetlosne reakcije fotosinteze podrazumijevaju: a) stvaranje kemijske energije ugljikohidrata iz ugljikovog dioksida, vode i sunčeve energije b) transformaciju Sunčeve energije u kemijsku energiju pohranjenu u spojevima NADPH i ATP c) oksidaciju spojeva NADPH i ATP ključnih za Calvinov ciklus d) fotooksidaciju kloroplasta pri čemu se odvija prijelaz elektrona u višu energetska razinu	Očekivani bodovi: ___ / 1
		___ / 1
7.	Iako kisik sudjeluje samo u posljednjoj etapi staničnog disanja (transportni lanac elektrona) i Krebsov je ciklus (ciklus limunske kiseline) aeroban proces, u odnosu na glikolizu. Zašto je Krebsov ciklus aeroban proces iako ne koristi kisik izravno? a) transportnim lancem elektrona regeneriraju se NAD ⁺ i FAD potrebni za Krebsov ciklus b) transportnim lancem elektrona nastaju dovoljne količine ATP-a za odvijanje Krebsova ciklusa c) kisik se reducira i u Krebsovom ciklusu i u transportnom lancu elektrona pri čemu nastaje voda d) kisik se oslobađa iz ugljikovog dioksida, koji je produkt Krebsovog ciklusa	Očekivani bodovi: ___ / 1
		___ / 1

II. skupina zadataka / Ukoliko smatrate da je tvrdnja točna – zaokružite T, a ukoliko smatrate da je netočna – zaokružite N. Svaki točan odgovor donosi 1 bod.

R. br. pitanja	Pitanje		Bodovi
8.	8.1. Biljka pohranjuje višak energije u obliku polisaharida – škroba, tijekom noći kada ne fotosintetizira.	T N	Očekivani bodovi: ___ / 1
			___ / 1
	8.2. Izmjena plinova kod biljaka ne odvija se samo preko puči na listovima, već i preko puči na stabljici, kao i preko stanica korijena.	T N	Očekivani bodovi: ___ / 1
			___ / 1
	8.3. Biljke iz tla uzimaju hranu, vodu i mineralne tvari za uspješan rast i razvitak.	T N	Očekivani bodovi: ___ / 1
			___ / 1
	8.4. Biljke neprestano koriste kisik za stanično disanje, poput heterotrofnih organizama.	T N	Očekivani bodovi: ___ / 1
			___ / 1
	8.5. Reakcije karakteristične za Calvinov ciklus nazivaju se još i "reakcije tame" jer se odvijaju samo tijekom noći, kada fotosintetski aparat ne prima svjetlosnu energiju Sunca.	T N	Očekivani bodovi: ___ / 1
			___ / 1

III. skupina zadataka / *Odgovorite na pitanja uz problemske zadatke. Bodovanje će se vršiti prema kriterijima naznačenim u desnom stupcu "Bodovi".*

R. br. pitanja	Pitanje	Bodovi
9.	<p>Znanstvenik je u istraživanju osvijetlio algu svjetlošću, koja prolazi kroz prizmu pa su različiti dijelovi alge obasjani svjetlošću različitih valnih duljina. U eksperimentu su upotrijebljene aerobne bakterije, koje su se u najvećem broju koncentrirale oko onih dijelova algi, koje su bile osvijetljene svjetlošću, koja odgovara ljubičasto-plavom i crvenom dijelu vidljivog dijela elektromagnetskog spektra Sunčeva zračenja.</p>	Očekivani bodovi: ___ / 1
	<p>9.1. U eksperimentu je dokazano da (zaokružite <u>jedan</u> točan odgovor):</p> <p>a) se koncentracija aerobnih bakterija oko navedenih dijelova algi poklapa s apsorpcijskim spektrom kloroplasta</p> <p>b) se u području najveće koncentracije aerobnih bakterija najviše troši CO₂, svjetlost i klorofil</p> <p>c) su ljubičasto-plavi i crveni dio spektra najmanje učinkoviti u fotosintezi</p> <p>d) se koncentracija aerobnih bakterija oko dijelova algi osvijetljenih ljubičasto-plavom i crvenom svjetlošću poklapa s djelotvornim (akcijskim) spektrom fotosinteze</p>	___ / 1
	<p>9.2. Grafički prikaz prikazuje apsorpcijske spektre pigmenata, koji sudjeluju u procesu fotosinteze.</p>  <p>Na temelju grafičkog prikaza, zaokružite <u>jednu</u> točnu tvrdnju.</p> <p>a) apsorpcijski spektar klorofila a poklapa se s djelotvornim (akcijskim) spektrom fotosinteze</p> <p>b) klorofil b i karotenoidi su u mogućnosti apsorbirati svjetlost onih valnih duljina, koje klorofil a ne apsorbira, osiguravajući tako proširenje djelotvornog spektra za fotosintezu</p> <p>c) klorofil a, klorofil b i karotenoidi su dio reakcijskog središta fotosinteze te se apsorpcijom svjetlosti oksidiraju pri čemu se primarni akceptor elektrona reducira</p> <p>d) zeleni dio spektra nije učinkovit u fotosintezi obzirom klorofil a reflektira zelenu boju</p>	Očekivani bodovi: ___ / 1
	<p>9.3. Apsorpcija Sunčeve energije u listu rezultira zagrijavanjem. Kada bi se apsorbirala sva dostupna energija, list debljine 300 μm bi se zagrijao na temperaturu od 100 °C svake minute. Na koji način isparavanje vode iz biljke i strujanje zraka doprinose zaštiti od pregrijavanja?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	Očekivani bodovi: ___ / 1
		___ / 1

R. br. pitanja	Pitanje	Bodovi
10.	<p>Marko je opremio akvarij, volumena 54 dm³, potrebnom tehničkom opremom poput filtera (protoka 350 L/h), grijača (snage 100 W) i LED rasvjete niskog intenziteta svjetlosti. Na dno akvarija, nasuo je oprani i sterilizirani šljunak te ulio odstajalu vodu (više od 96 sati) iz slavine, ubacio nekoliko grančica brzorastuće vodene biljke roglolist (<i>Ceratophyllum demersum</i>) te pokrenuo spomenutu tehničku opremu. Istoga je dana u akvarij naselio 8 jedinki akvarijskih ribica gupi (<i>Poecilia reticulata</i>), čije su prirodno stanište rijeke Srednje i Južne Amerike (temperature vode 18 – 28 °C i pH vrijednosti 7.0 – 8.0).</p>	Očekivani bodovi: ___ / 1
	<p>10.1. Marko je već sljedeće jutro uočio 2 uginule ribice, a nakon 7 dana uginule su sve. Što je, od ponuđenoga, najvjerojatniji uzrok uginuća ribica u kratkom periodu?</p> <p>a) ribice su uginule od velike koncentracije klora u vodi, koji se koristi za dezinfekciju vode za piće</p> <p>b) biljka je preko noći potrošila sav kisik potreban za disanje akvarijskih ribica</p> <p>c) u akvariju se nije uspostavio ciklus dušika te su ribice uginule od velike koncentracije amonijaka u vodi</p> <p>d) ribice su tijekom noći uginule od velike koncentracije ugljikovog dioksida, kojeg biljke koriste za disanje samo tijekom dana</p>	___ / 1
	<p>10.2. Objasnite svoj odgovor u zadatku 10.1. te predložite na koji je način Marko mogao spriječiti uginuća ribica.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	Očekivani bodovi: ___ / 1
		___ / 1
	<p>10.3. Nakon početnog neuspjeha, Marko se odlučio za ozbiljniji pristup akvaristici te je u akvarij ponovno naselio akvarijske ribice gupi i zasadio zahtjevnije biljne vrste, zbog kojih je bio primoran uvoditi dodatne količine ugljikovog dioksida u vodu za njihov uspješan rast i razvitak. Iako je CO₂ dodavao u količinama, koje nisu ometale procese disanja kod ribica, već nakon nekoliko dana bilo je vidljivo da im ne odgovaraju novi uvjeti te je došlo do pojave prvih znakova bolesti i uginuća.</p>	Očekivani bodovi: ___ / 1
	<p>Objasnite na koji je način uvođenje CO₂ u akvarijsku vodu moglo utjecati na razvoj bolesti i uginuća gupija.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	___ / 1
	<p>10.4. Iako je u akvarij uvodio i dodatne količine CO₂, Marko je zamijetio da najzahtjevnije biljke i dalje stagniraju s rastom. Na temelju grafičkog prikaza, koji prikazuje odnos stope fotosinteze o koncentraciji CO₂ i intenzitetu svjetlosti, zaključite koji je mogući uzrok problema s biljkama u Markovom akvariju.</p> <div data-bbox="874 1608 1273 1892"> </div> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	Očekivani bodovi: ___ / 1
		___ / 1

R. br. pitanja	Pitanje	Bodovi																								
11.	U pokusu su korištene grančice vodene kuge (<i>Elodea canadensis</i>), koje su bile raspoređene u dvije čaše s vodom – čaša <i>A</i> i čaša <i>B</i> . U obje je čaše dodan indikator <i>bromtimol modro</i> , koji u prisutnosti slabe kiseline mijenja boju – iz plave u žutu. Potom je priređena reakcijska smjesa šećera, vode i kvašćevih gljivica (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) pri čemu se vrlo brzo počeo razvijati plin, koji se cjevčicama uvodio u čaše <i>A</i> i <i>B</i> s grančicama vodene kuge.	Očekivani bodovi: ___ / 1																								
	11.1. Kakvo obojenje vode očekujete u čašama <i>A</i> i <i>B</i> nakon 30 minuta od uvođenja plina iz reakcijske smjese?	 ___ / 1																								
	11.2. Može li se reakcija, u kojoj sudjeluju kvašćeve gljivice, odvijati u prisutnosti kisika ili se isključivo odvija u anaerobnim uvjetima?	Očekivani bodovi: ___ / 1																								
		 ___ / 1																								
	11.3. Na koji se način stanice korijenja poplavljenog kukuruza (<i>Zea mays</i>) opskrbljuju energijom kada su izložene hipoksičnim (smanjena koncentracija O ₂) ili čak anoksičnim (potpuni nedostatak O ₂) uvjetima? Je li taj način opskrbe energije jednako učinkovit, kao i onaj u uvjetima s dovoljno kisika?	Očekivani bodovi: ___ / 1																								
		 ___ / 1																								
	Daljnji tijek pokusa podrazumijevao je osvjetljavanje čaše <i>A</i> jakom žaruljom, dok je čaša <i>B</i> bila izolirana aluminijskom folijom, osiguravajući uvjete potpune tame.	Očekivani bodovi: ___ / 2																								
	11.4. Kakvo obojenje vode u čašama <i>A</i> i <i>B</i> očekujete nakon 24 sata? Čaša <i>A</i> : _____ Čaša <i>B</i> : _____																									
	Objasnite svoj odgovor i navedite koje dvije molekule, koje su izvor energije za Calvinov ciklus, nisu mogle nastati u kloroplastima vodene kuge u čaši <i>B</i> s obzirom na svjetlosne prilike.	 ___ / 2																								
	Iz stanica vodene kuge, koje su bile u čaši <i>A</i> , izolirana su dva stanična organela te su stavljeni u epruvete 1 i 2 s otopinom poznatog sastava, a potom su hermetičke zatvorene i nastavljeno je njihovo izlaganje svjetlu narednih 24 sata. Nakon toga, mjerena je promjena količine svake od navedenih molekula u dva različita stanična organela, a rezultati su prikazani u tablicama (za epruvetu 1 i 2).	Očekivani bodovi: ___ / 1																								
	<table><tr><th colspan="2">Epruveta 1</th><th colspan="2">Epruveta 2</th></tr><tr><th>Molekula</th><th>Promjena količine u 24 h</th><th>Molekula</th><th>Promjena količine u 24 h</th></tr><tr><td>ATP</td><td>povećanje</td><td>ATP</td><td>povećanje</td></tr><tr><td>O₂</td><td>povećanje</td><td>O₂</td><td>smanjenje</td></tr><tr><td>CO₂</td><td>smanjenje</td><td>CO₂</td><td>povećanje</td></tr><tr><td>NADPH</td><td>povećanje</td><td>NADPH</td><td>povećanje</td></tr></table>	Epruveta 1		Epruveta 2		Molekula	Promjena količine u 24 h	Molekula	Promjena količine u 24 h	ATP	povećanje	ATP	povećanje	O ₂	povećanje	O ₂	smanjenje	CO ₂	smanjenje	CO ₂	povećanje	NADPH	povećanje	NADPH	povećanje	
Epruveta 1		Epruveta 2																								
Molekula	Promjena količine u 24 h	Molekula	Promjena količine u 24 h																							
ATP	povećanje	ATP	povećanje																							
O ₂	povećanje	O ₂	smanjenje																							
CO ₂	smanjenje	CO ₂	povećanje																							
NADPH	povećanje	NADPH	povećanje																							
	11.5. Na temelju prikazanih rezultata, navedite nazive reakcija metaboličkih procesa, koje su se odvijale u organelima te navedite nazive izoliranih organela. Epruveta 1 – Metabolički proces: _____ Stanični organel: _____ Epruveta 2 – Metabolički proces: _____ Stanični organel: _____	 ___ / 1																								

Prilog 2. Anketa o navikama učenja kod studenata



Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku
ODJEL ZA BIOLOGIJU
Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek
www.biologija.unios.hr

Godina preddiplomskog studija: _____

Spol (zaokružiti): **M** **Ž**

ANKETA O NAVIKAMA UČENJA KOD STUDENATA

Poštovani kolege studenti,

ispunjavanjem ove kratke ankete o navikama učenja kod studenata biologije pristajete sudjelovati u istraživanju, ključnog za izradu Diplomskog rada studenta Filipa Babića, pod mentorstvom doc. dr. sc. Irene Labak. Anketa je u potpunosti anonimna.

Pročitajte niz tvrdnji te za svaku od njih odlučite u kojoj se mjeri ona odnosi na Vas, odnosno do koje se mjere slažete s navedenom tvrdnjom, i to prema sljedećoj skali:

1 – uopće se ne slažem

2 – uglavnom se ne slažem

3 – niti se slažem niti se ne slažem

4 – uglavnom se slažem

5 – u potpunosti se slažem

U jednu od kućica uz tvrdnju stavite znak x. Pripazite da uz svaku tvrdnju (svaki redak) imate samo jednu oznaku, koja označava Vaš odgovor.

R. br.	Tvrdnja	1	2	3	4	5
1.	Učim redovno pripremajući se za ispit dulji vremenski period (puno prije ispita).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ukoliko je to moguće, ispite radije polažem putem kolokvija tijekom jednog semestra.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Učenje zahtjevnijih kolegija ostavljam za kasnije ispitne rokove jer su tada nastavnici manje zahtjevni i lakše ih polažem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, odlazim po pomoć na konzultacije kod profesora i / ili asistenta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, tražim pomoć od ostalih kolega, koji to razumiju.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Kada dio nastavnog gradiva ne razumijem, taj dio naučim napamet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Često učim napamet, bez dubljeg razumijevanja, te je to dovoljno za uspješno polaganje ispita.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Za ispit se pripremam često ili isključivo prema pitanjima s prethodnih ispitnih rokova, što je dovoljno za uspješno polaganje kolegija.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Za učenje koristim često ili isključivo prezentacije korištene na predavanjima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Za učenje koristim kombinaciju različitih literaturnih izvora, poput stručnih knjiga, znanstvenih radova, web stranica i dr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nastavak na sljedećoj stranici ►

R. br.	Tvrdnja	1	2	3	4	5
11.	Tijekom učenja iz literature, preskačem tablice i grafičke prikaze te se koncentriram samo na tekst i učenje činjenica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Učim samo one dijelove gradiva, koji su obrađeni na nastavi, ne proširujući svoje znanje dodatnim informacijama i najnovijim saznanjima iz znanosti.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Kada mnogo učim, postićem bolje rezultate na ispitima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Tijekom predavanja mogu dovoljno naučiti pri čemu mi preostaje više slobodnog vremena za vlastite interese.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Na vježbama i seminarima mogu mnogo naučiti te ovladati pojedinim vještinama, koje ne mogu ostvariti na predavanjima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	Praktikumska nastava je izvrsno organizirana te mi pruža mogućnost neposrednog kontakta s različitim biološkim materijalima, što u konačnici doprinosi mome učenju i boljem razumijevanju nastavnog gradiva.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Tijekom učenja, znam odabrati najvažnije dijelove nastavnog gradiva potrebne za razumijevanje i uspješno polaganje ispita.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	Tijekom učenja, nastojim povezati nova znanja s prethodno stečenim znanjima iz već položenih kolegija.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	Tijekom učenja, nastojim si razjasniti sve nepoznate riječi, a koje su ključne za potpuno razumijevanje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	Tijekom učenja te prije polaganja ispita, nastojim utvrditi svoje znanje rješavanjem problema, odnosno rješavanjem dostupnih problemskih zadataka.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.	Svoje učenje prilagođavam profilu nastavnika – ukoliko je nastavnik vrlo zahtijevan, tada više vremena uložim u učenje i razumijevanje nastavnog gradiva (i obratno).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	Razumijevanje kompleksnog gradiva nastojim olakšati izdvajanjem najvažnijih sadržaja, pisanjem vlastitih bilješki (skripti), kreiranjem umnih i konceptualnih mapa i sl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.	Rado učim botaničke kolegije.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24.	Nastavno gradivo iz botaničkih kolegija jednako uspješno usvajam, kao i ono iz drugih kolegija.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zahvaljujem Vam na sudjelovanju u istraživanju!

Filip Babić
 student 2. godine Diplomskog sveučilišnog studija:
 Biologija i kemija; smjer: nastavnički

Prilog 3. Radni listić za izvođenje nastavnog sata

Radni listić: Fotosinteza

Potreban pribor i kemikalije:

- ❖ pH indikator bromtimol modro
- ❖ slikovni prikaz skale promjene boja za indikator
- ❖ 1 veća staklena čaša za pripremu otopine
- ❖ 3 manje staklene čaše
- ❖ mineralna gazirana voda (zasićena ugljikovim dioksidom)
- ❖ voda
- ❖ grančice vodene biljke (vodena kuga, *Elodea canadensis* ili rogolist, *Ceratophyllum demersum*)
- ❖ lampa sa žaruljom kao izvor svjetlosti
- ❖ aluminijska folija

Protokol za izvođenje pokusa:

1. U veliku čašu uliti oko 50 mL vode i dodati nekoliko punih kaplica indikatora bromtimol modro sve dok otopina ne postane plave boje.
2. U čašu s vodom, dodati količinu gazirane vode obogaćene ugljikovim dioksidom potrebne za promjenu boje iz plave u žutu.
3. Tako dobivenu otopinu razdijeliti u 3 manje staklene čaše.
4. U prvu čašu (**čaša A**) dodati grančicu vodene biljke i staviti ju pod izvor svjetlosti.
5. Drugu čašu (**čaša B**) s pripremljenom otopinom bez biljke staviti pod isti izvor svjetlosti.
6. U treću čašu (**čaša C**) dodati grančicu vodene biljke, cijelu čašu omotati aluminijskom folijom osiguravajući uvjete potpune tame.
7. Ostaviti pokus tijekom naredna 24 sata i naknadno promotriti i objasniti promjene.



Skica ili u boji ispisana fotografija pokusa:

Napomena: u slučaju skiciranja pokusa rukom, važno je koristiti drvene bojice ili flomastere.



Tablica predviđanja:

	Što mislim da će se dogoditi (predviđanja).	Zašto mislim da će se to dogoditi (na temelju dokaza kojima raspolazem).	Što se uistinu dogodilo (argumentirani zaključak).
Čaša A			
Čaša B			
Čaša C			

ZAKLJUČAK: